

„Fizikai szintű” kommunikáció

*Bitfolyamok továbbítása hírközlő
csatornákon*

Az anyag beosztása (1)

- ☐ Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- ☐ Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- ☐ Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- ☐ A fizikai szintű kommunikáció alapjai.

Gyakorlat.

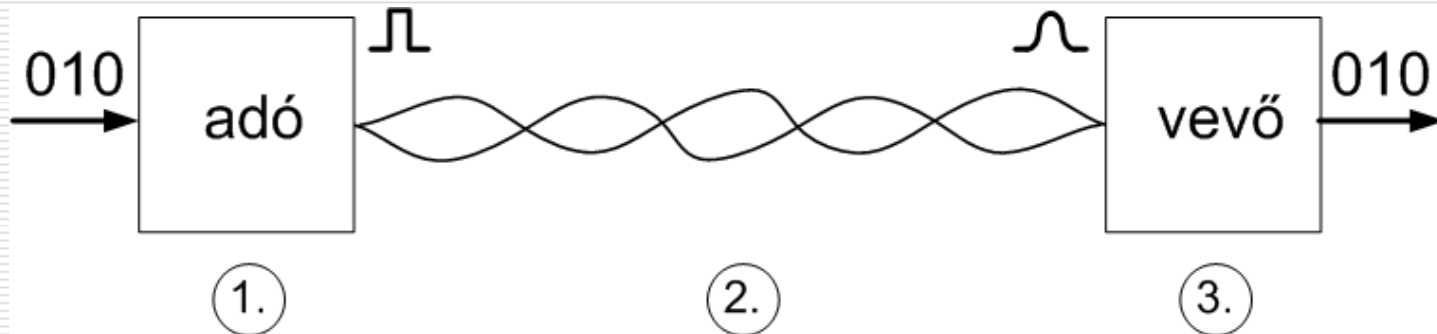
- ☐ Többszörös hozzáférés.
- ☐ LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- ☐ BWA (WPAN, WLAN, WMAN).

Gyakorlat.

- ☐ Áramkörkapcsolás, csomagkapcsolás, hívásvezérlés, címzés.
- ☐ Routing.
- ☐ Ütemezés.
- ☐ IP.

Gyakorlat.

Mi az, hogy „fizikai szintű” átvitel?



- ❑ A hálózatnak az a funkcionalitása, amely két csomópont között szimbólumok (bitek) továbbításával foglalkozik.
- ❑ Az *adó* a **szimbólumokat** jelalakokkal reprezentálja.
- ❑ Ezek kerülnek továbbításra a kommunikációs csatornán.
- ❑ A továbbítás során **torzulnak** és **zajok, zavarok** adódnak hozzájuk.
- ❑ A vevőben a feladat az, hogy a megérkező (vett) jelet kiértékelve, a kapott szimbólumsorozat a lehető legjobban megfeleljen az adó által küldött sorozatnak.

Miről lesz szó ebben a részben?

- ❑ **Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon**
 - *Alapfogalmak*
 - *Átvitel sávhatárolt csatornán*
 - *Átvitel zajos csatornán*
- ❑ **Digitális modulációs eljárások**
 - *ASK, FSK, PSK*
- ❑ **Többcsatornás átvitel multiplexeléssel**
 - *FDM, TDM*
- ❑ **Hírközlő csatornák a gyakorlatban**
 - *(Réz)vezetékes csatornák*
 - ❑ *Sodrott érpáras kábelek, strukturált kábelezés*
 - ❑ *Koaxiális kábelek*
 - *Fényvezetős (üvegszálas) csatornák*
 - *Vezeték nélküli csatornák*

Bevezető kódolásokhoz és modulációkhoz

Alapfogalmak

Átvitel sávhatárolt csatornán

Átvitel zajos csatornán

Szimbólumok átvitele hírközlő csatornán: alapfogalmak

- ❑ **bit, bitsebesség** (információátviteli sebesség) – bit/s
 - ❑ **szimbólum, szimbólum-sebesség, jelzési sebesség** – baud, Bd
 - ❑ **összefüggés a bitsebesség és a szimbólum-sebesség között:** hány bitnyi információt hordoz egy szimbólum?
 - *Bináris jelátvitel esetén a két sebesség megegyezik.*
 - *Többszintű jelátvitel esetén a bitsebesség többszöröse lehet a jelzési sebességnek.*
 - *Pl. 4-szintű impulzusoknak bitpárokat lehet egyértelműen megfeleltetni:*
 - ❑ *1. szint: 00*
 - ❑ *2. szint: 01*
 - ❑ *3. szint: 10*
 - ❑ *4. szint: 11*
- tehát kétszeres a jelzési sebesség.*
-

Alapfogalmak

- *bit, bitsebesség* (információátviteli sebesség)
[bit/s]
- *szimbólum, szimbólum-sebesség, jelzési sebesség*
[baud, Bd (= szimbólum/s)]
- *Összefüggés a bitsebesség és a szimbólum-sebesség között:*
 - Bináris jelátvitel esetén a két sebesség megegyezik.
 - Többosztintű jelátvitel esetén a bitsebesség többszöröse lehet a jelzési sebességnek.

$$\text{bitsebesség} = \text{jelzési sebesség} \times \log_2(\text{szimbólumok száma})$$

Szimbólum

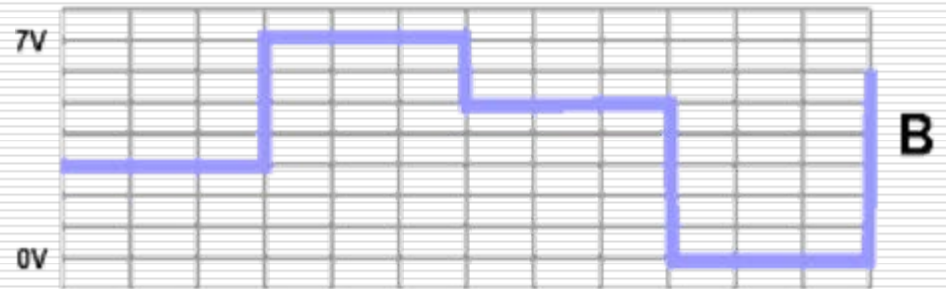
- Több bit összefogása egy értékke (szimbólumma)
- Példa: 4-szintű impulzusoknak bitpárokat lehet egyértelműen megfeleltetni:
 - 1. szint: 00
 - 2. szint: 01
 - 3. szint: 10
 - 4. szint: 11
- Tehát kétszeres a jelzési sebesség.

Példa a szimbólumokra

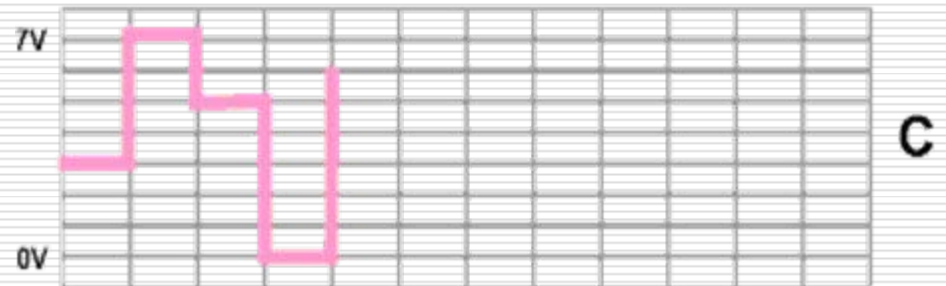
Az eredeti bináris jel:



3 bitenként kódolva a 8 feszültségszintre, pl. az első három bit, 011, a 3V-os szintnek felel meg



Természetesen a 8-szintű szimbólumokat nem kell 3-szorosra nyújtott időben továbbítani



Növelhetjük-e tetszőlegesen a szintek számát?

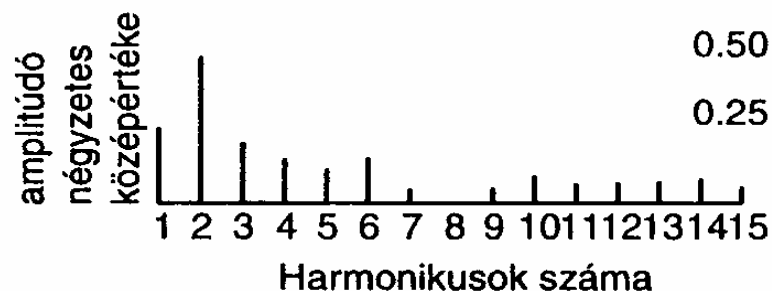
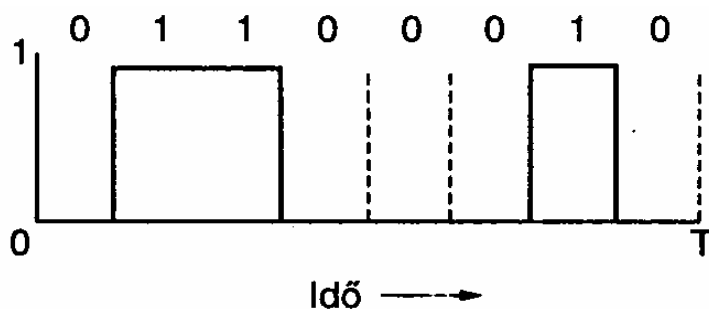
- ❑ Elvileg igen, de
- ❑ a gyakorlatban a csatornák
 - *sávkorlátozottak, ezért torzítják, elkenik a jeleket, mint mindjárt látni fogjuk, továbbá*
 - *zajok és zavarok forrásai, amelyek a döntéskor hibákat okoznak*
- ❑ Minél több szint között kell megkülönböztetést tenni, annál kisebb a „távolság” a szomszédos szintek között, és annál nagyobb az esély a tévesztésre

Négyszögjelek átvitele sávhatárolt csatornán

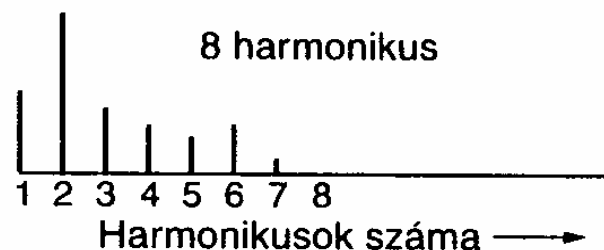
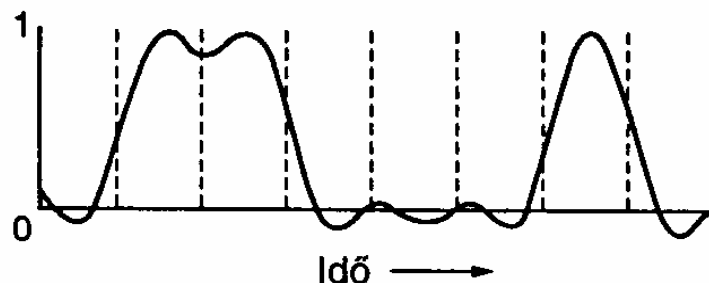
Fourier-sorfejtés:

tagjai a „harmonikusok” (alap- és felharmonikusok)

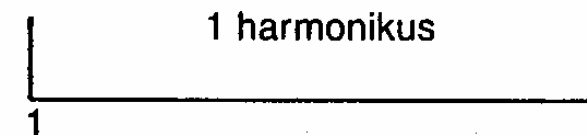
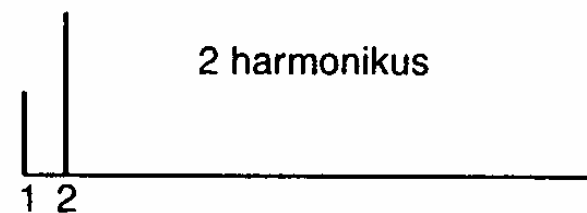
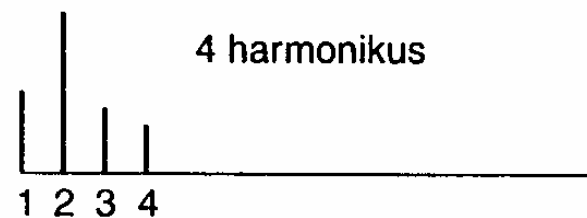
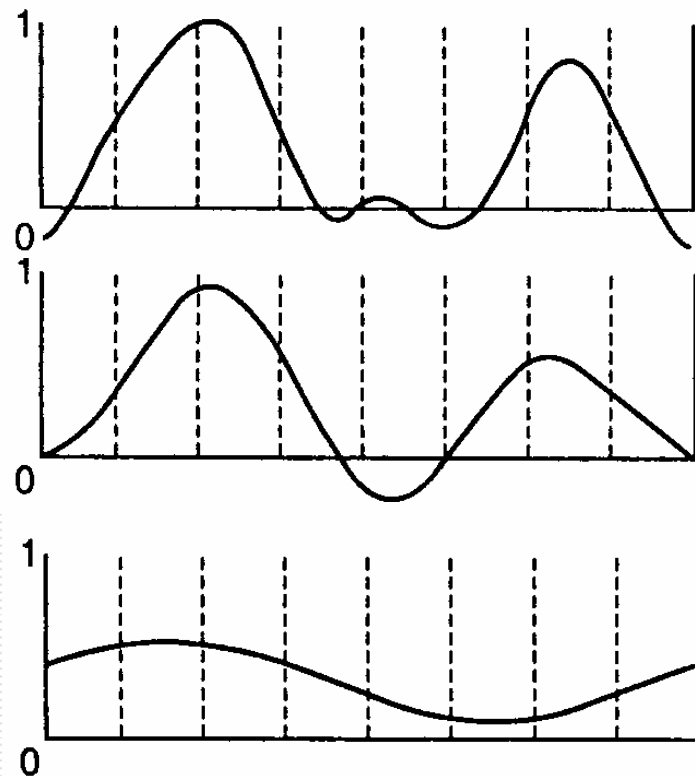
Eredeti jel (nem sávhatárolt csatorna)



Sávhatárolt csatorna (csak 8 harmonikus)



Négyszögjelek átvitele sávhatárolt csatornán

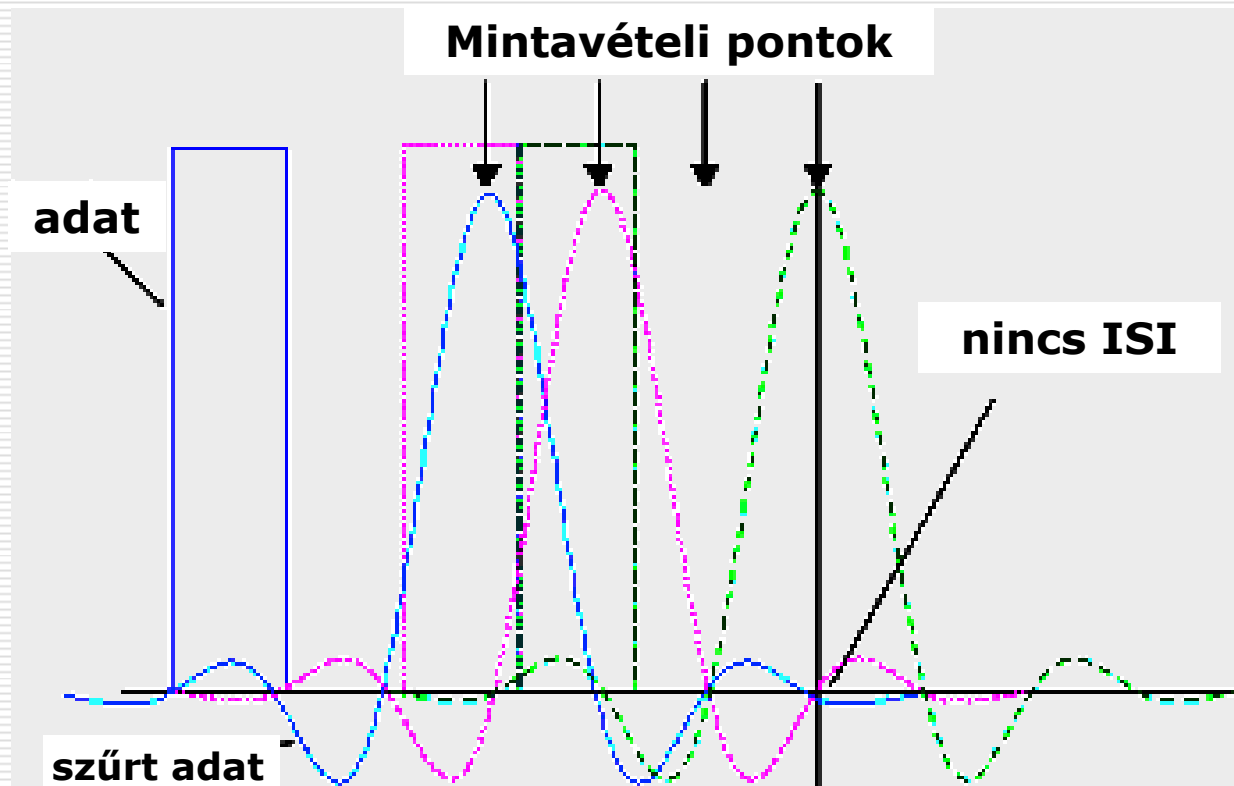


Mekkora sáv szélességre van szükség a jel átviteléhez?

- Mi a probléma?
 - *Minél kisebb a sáv szélesség, annál jobban „elkenődik” a jel*
 - *Ha csak egy impulzusunk lenne, és azt kellene felismerni, elég nagy szétkenődést is megengedhetnénk, elég lenne, ha a jel közepén vett minta jól megkülönböztethető lenne a jel hiányától*
 - *Impulzussorozat esetén a szomszédosak egymásra hatnak és elrontják a döntést*
 - A jelenség neve: **szimbólumközi áthallás – inter-symbol interference (ISI)**
- A megoldás elve (Nyquist):
 - *Úgy csökkentsük a sáv szélességet, hogy közben tartsuk kézben a szimbólumközi áthallást*
 - *Nem baj, ha van, de ne befolyásolja a helyes döntést*

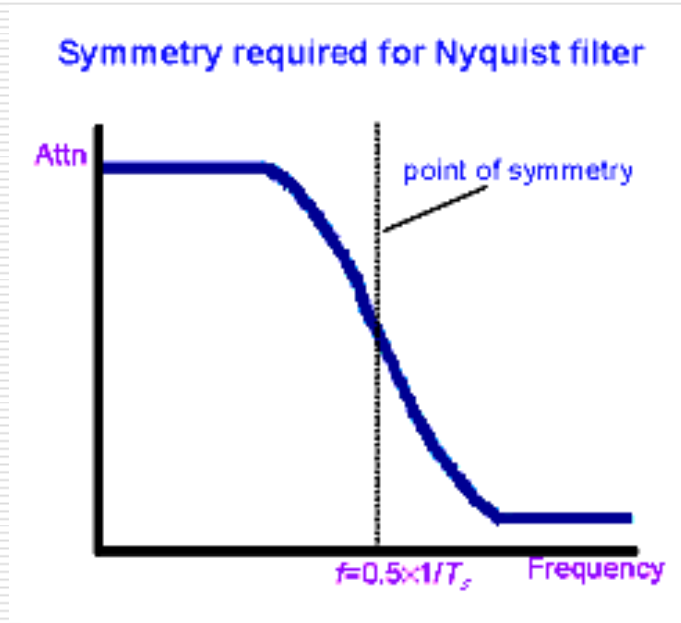
A szimbólumközi áthallásmentesség feltétele az időtartományban

A mintavételi időpontban valamennyi szomszédos jelből származó minta értéke legyen zérus!

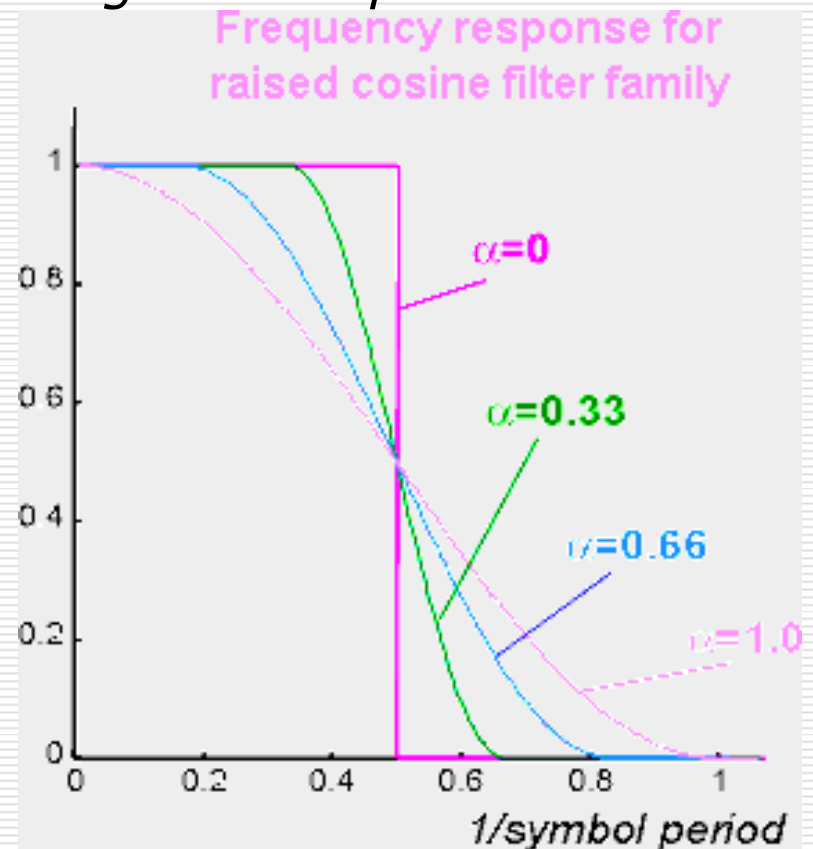


A szimbólumközi áthallás-mentesség feltétele a frekvenciatartományban

A jel spektruma a döntés előtt legyen szimmetrikus a jelzési frekvencia felére (Nyquist-frekvencia)



A Nyquist-kritériumnak eleget tevő spektrumalakok



A szimbólumközi áthallás-mentesség feltétele a frekvenciatartományban

□ Megjegyzés

- *Az előbbi feltétel egy **bebizonyítható tétel**, amellyel azonban itt nem tudunk foglalkozni*

□ Hogyan teljesítsük a Nyquist-feltételt?

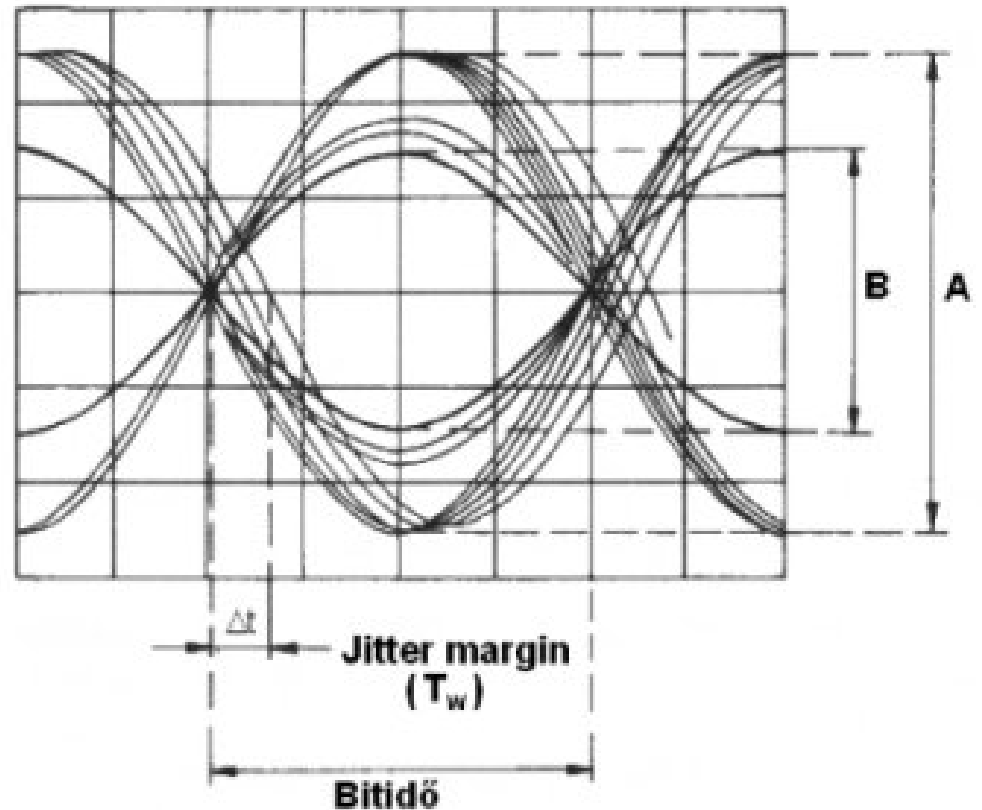
- *A döntésre kerülő jel spektrumára kell, hogy teljesüljön*
- *az átviteli úton több helyen formálódik a spektrum, a vevőben lévő szűrővel kell „helyretenni” az alakját, amelynek emiatt nem feltétlenül Nyquist-alakúnak kell lennie*

□ A szükséges legkisebb sávszélesség tehát a szimbólum-frekvencia felének felel meg, pl.

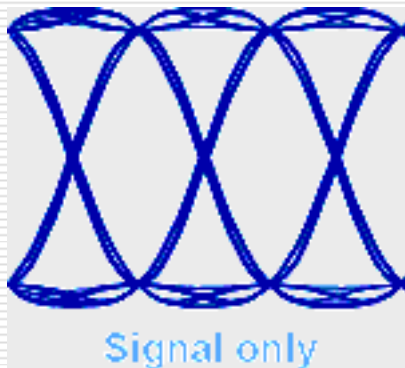
- *1 MBaud-os átviteli sebesség – 0,5 MHz elvi sávszélesség*
- *pl. a szabványos telefoncsatornán, melynek sávszélessége 3100 Hz, 6200 Baud-dal lehet elvileg kommunikálni*
- *ez többszintű jelátvitelnél ...*

A szemábra (eye diagram)

- Oszcilloszkópos megfigyelés, amelynél az egymás utáni jelalakok egymásra rajzolódnak
- Ha egy szimbólumidőre húzzuk szét a vízszintes tengelyt, akkor szemre emlékeztet
- A szem tisztasága, nyitottsága a mintavételi időpontban jelzi, hogy mekkora esélyünk van a helyes döntésre

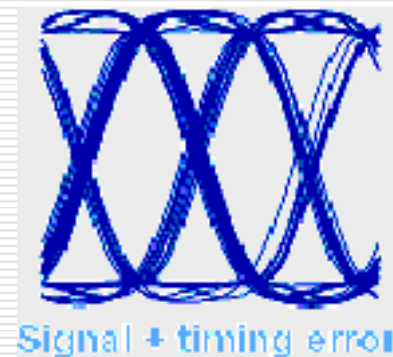


„Szemábrák”

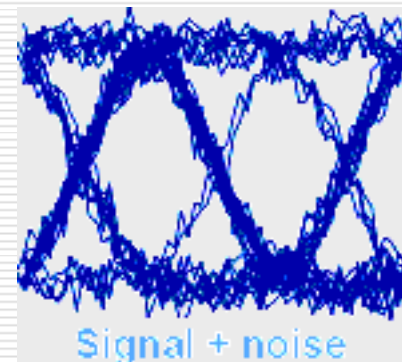


csak hasznos jel

**jel és
időzítési hiba**

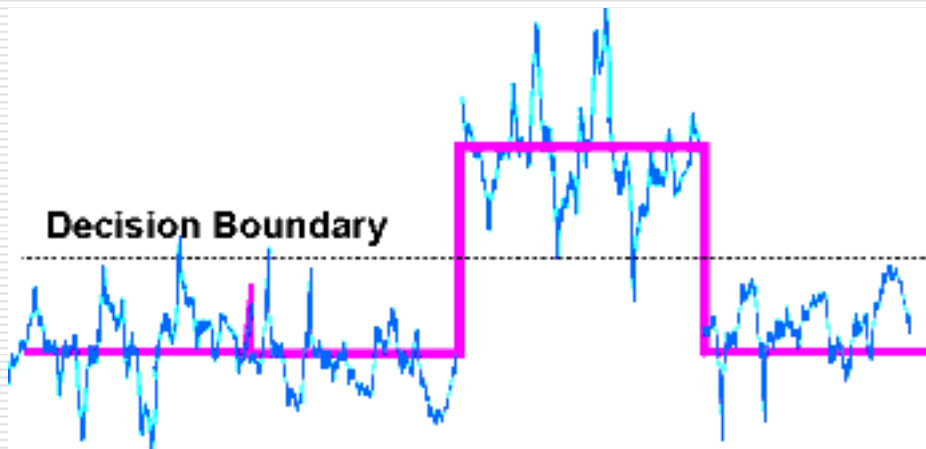


jel és zaj



Átvitel zajos csatornán

- Az ábra bináris, szimmetrikus jelet és „ráülő” 0-átlagú additív zajt mutat.
- Ésszerű, hogy a döntési küszöböt a fél jelmagasságra tegyük, és ezzel összehasonlítva a mintát v. mintákat, döntünk.
- Az additív zaj miatt természetesen előfordulnak tévesztések, minél nagyobb a zaj, annál többször.

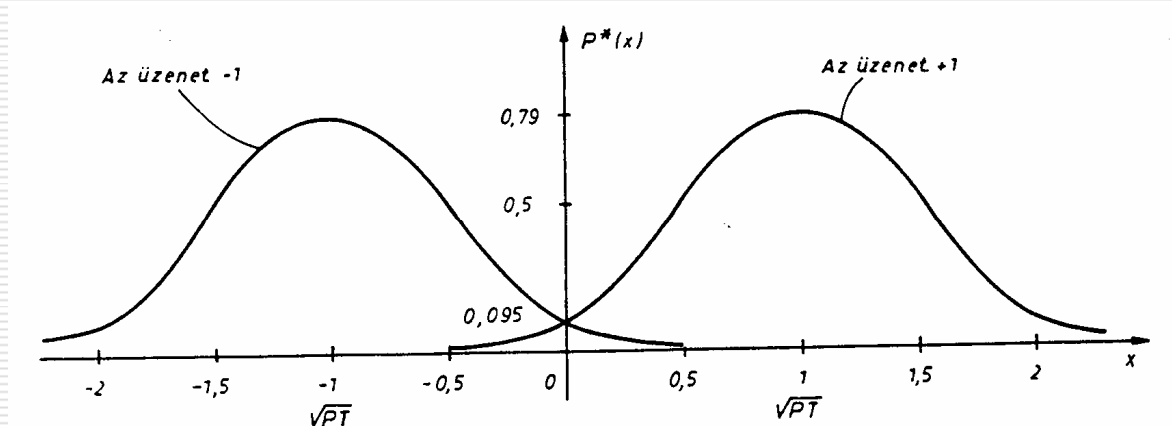


Átvitel zajos csatornán, hibavalószínűség (1)

- A hibavalószínűség könnyen kiszámítható, ha a modellünk
 - *additív zaj*
 - *a zajminták nulla várható értékű, Gauss-i eloszlásúak*
 - *a zaj teljesítménysűrűség-spektruma konstans („fehérzaj”-modell)*
- A hibavalószínűség grafikusan a sűrűségfüggvények „farkai” alatti területek (l. az ábrát)
- A hibavalószínűség, vagy egyszerűbben: hibaarány jellege a jel-zaj-viszony függvényében az ábrán látható

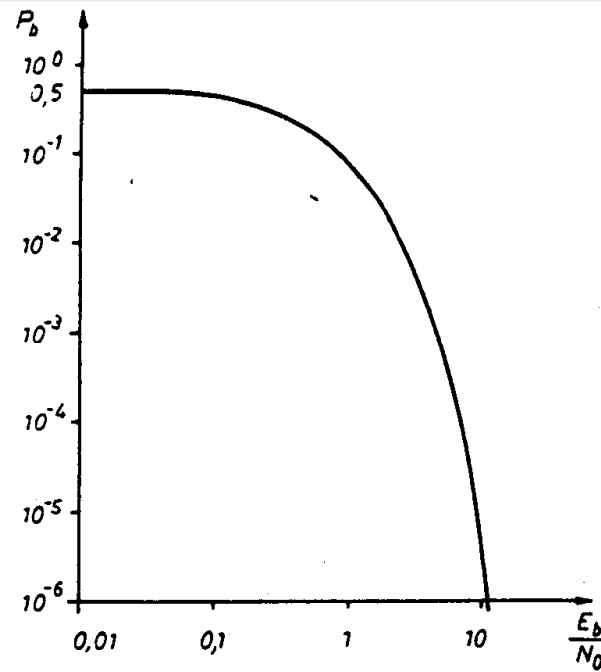
Átvitel zajos csatornán, hibavalószínűség (2)

- A jel+zaj valószínűség-sűrűségfüggvényei a jel nagyságával eltolt Gauss-sűrűségfüggvények
- A döntési küszöb ebben az esetben 0
- A küszöb alatt -1 -re, felette $+1$ -re döntünk
- Az ellentétes jelalakra „ráült” zaj-sűrűségfv.-ek „átlógó” része alatti terület a hibavalószínűség



Átvitel zajos csatornán, hibavalószínűség (3)

A hibavalószínűség kiszámítható és a Gauss-hibaintegrál segítségével kiértékelhető a jelenergia/zajtelsítvány sűrűségfüggvényében



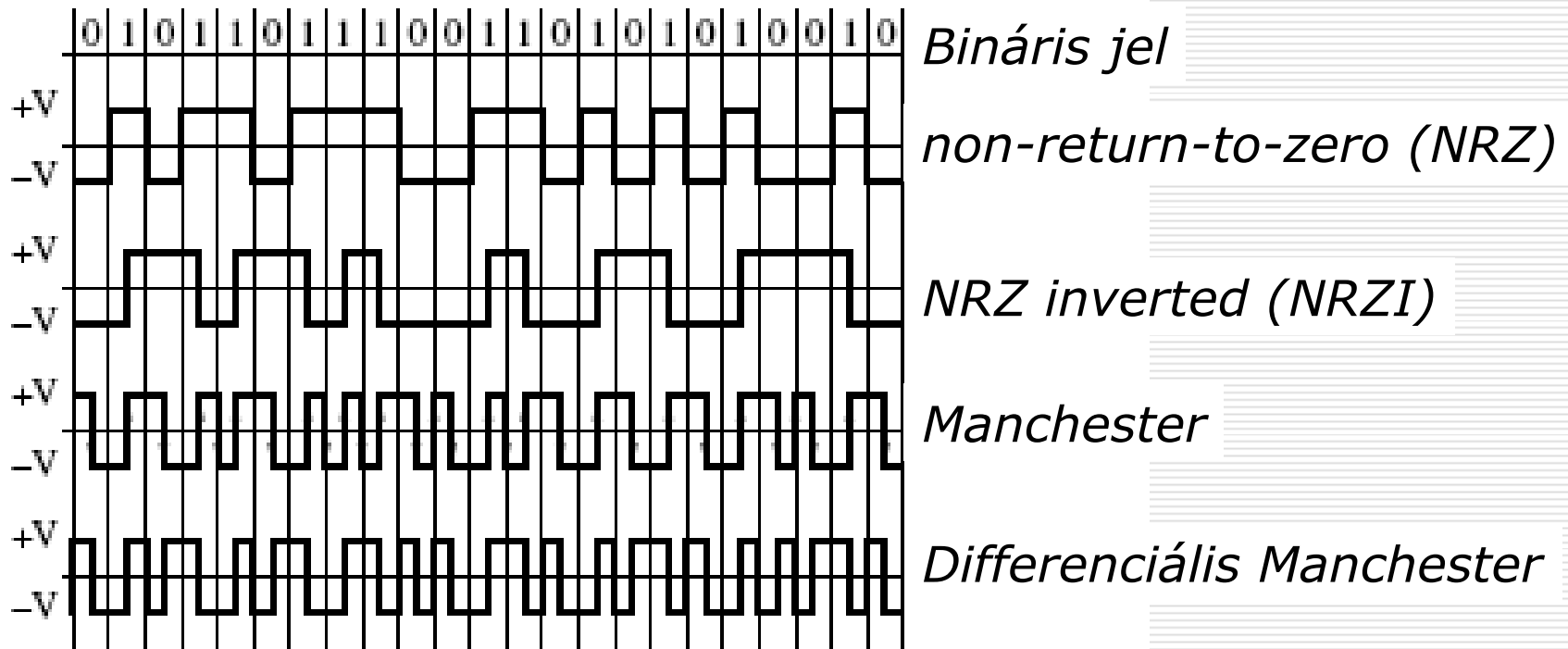
Vonali kódolások a gyakorlatban

Alapsávi (modulálatlan) átvitel

Megfontolások - vonali kódolások

- ❑ Nullafrekvenciás (DC) komponens
- ❑ Bitszinkron biztosításához órajel kinyerése
- ❑ Ezért ne legyenek hosszú egyforma bitsorozatok
- ❑ Néhány, a gyakorlatban használt „vonali” kódolás (a következő ábrán)

„Vonali” kódolások



„Vonali” kódolási szabályok

- NRZ (Non Return to Zero)
 - 0 → egyik jelszint (pl. –)
 - 1 → másik jelszint (pl. +)
 - Hosszú 1 v. 0 sorozat esetén szinkronvesztés váltások hiánya miatt
- NRZI (Inverted Non Return to Zero)
 - 0 → marad
 - 1 → vált
 - Hosszú 0 sorozat esetén szinkronvesztés váltások hiánya miatt
- Manchester
 - 0 → egyik irányba vált (pl. le)
 - 1 → másik irányba vált (pl. fel)
 - Jól szinkronizálható, de kétszeresére növeli a „jelzési sebességet”
- Differenciális Manchester
 - 0 → elején és közepén vált
 - 1 → közepén vált
 - Jól szinkronizálható, de kétszeresére növeli a „jelzési sebességet”

4B/5B kódolás

- Hatékonyabb kódolással össze lehet egyeztetni a jó szinkronizálhatóság és a kis sávszélesség-növekedés feltételeit
- 4B/5B kódolás
 - a bemeneti bitfolyam minden bit-négyesét 5 bites kóddal helyettesítjük
 - a $2^8=16$ helyett $2^5=32$ kombinációnk van, ezért megtehetjük, hogy
 - csak azokat használjuk, amelyek jó tulajdonságú sorozatot eredményeznek (elől legf. 1, végén legf. 2 „0” értékű bit, így legfeljebb 3 db „0” lehet egymás után
 - a többiből 8-at használunk speciális jelzésekre, a fennmaradó 8-at nem használjuk fel (köv. ábra)

A 4B/5B kódolás illusztrációja (+NRZI)

Vonal állapot jelző				Adat szimbólumok			
	00000	Q	Quiet		11110	0	0000
	11111	I	Idle		01001	1	0001
	00100	H	Halt		10100	2	0010
Keret kezdet jelző					10101	3	0011
	11000	J			01010	4	0100
	10001	K			01011	5	0101
Keret vég jelző					01110	6	0110
	01101	T	Terminator		01111	7	0111
Vezérlési állapot jelzők (Logikai 0/1 megfelelői)					10010	8	1000
	00111	R	Reset		10011	9	1001
	11001	S	Set		10110	A	1010
					10111	B	1011
					11010	C	1100
					11011	D	1101
					11100	E	1110
					11101	F	1111

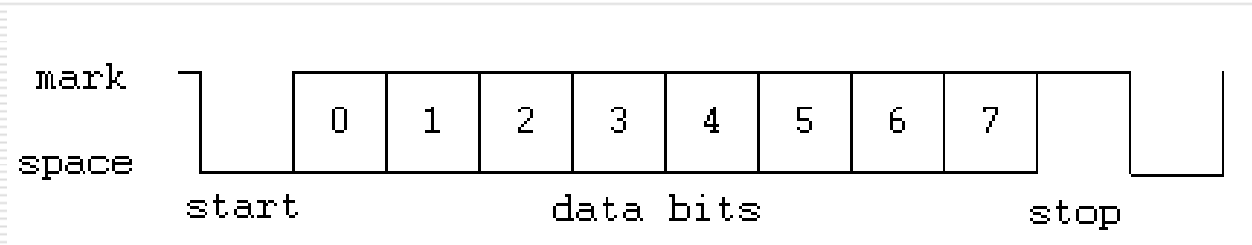
- ❑ Nincs hosszú 0 vagy 1 sorozat
- ❑ Ethernetnél is ezt használják a 8B/10B mellett

Bitfolyamok strukturálása

- ❑ Keretezés hibavédelmi és szinkronizálási célokra
- ❑ Szinkronizálás
 - bitszinkron
 - byte-szinkron
 - keretszinkron
- ❑ Hibajelzés, hibajelző kódok

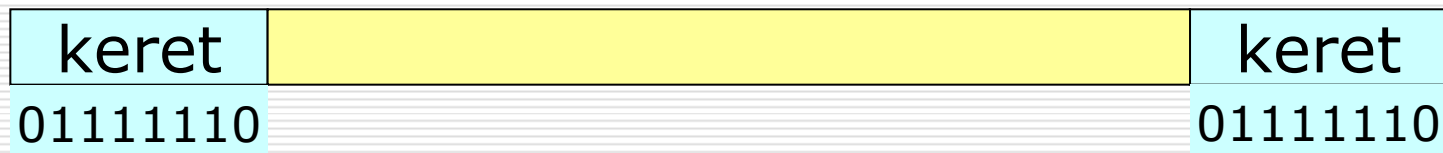
Aszinkron és szinkron átvitel

□ A „start-stop” átvitel

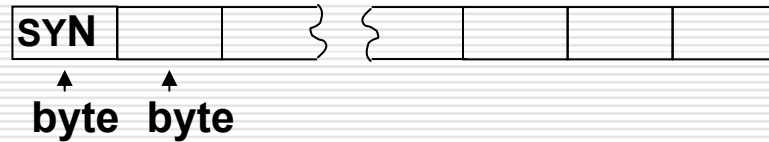


■ jól használható például text továbbításhoz

□ Szinkron átvitel



Szinkronizálás, hibajelzés



**Byte-
szinkronizálás**



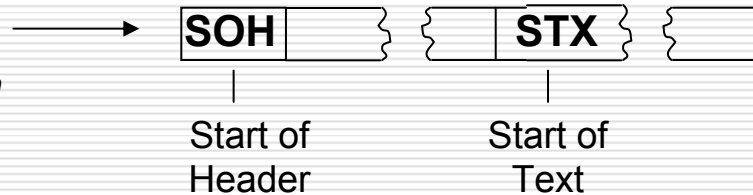
HEADER – fejrész

TRAILER – pl. ellenőrző kód

PAYLOAD – „hasznos teher”

**Vezérlő és
ellenőrző
információ átvitele**

**Fejrész
azonosítása**



Hibajelző kódok: - kereszt-hosszparitás

- ciklikus kód

(CRC – cyclic redundant code)

Miről volt eddig szó?

- Alapfogalmak
 - bitsebesség, jelzési sebesség, többszintű jelzések
- A véges sáv szélesség hatása impulzussorozat átvitelénél
 - szimbólumközi „áthallás”
 - a szimbólumközi áthallástól mentesség feltétele: Nyquist-kritérium, minimálisan szükséges sáv szélesség
- A zaj hatása
- További gyakorlati kérdések

„Fizikai szintű” kommunikáció

Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon

2. rész: Modulációs eljárások

Modulációs eljárások, digitális moduláció

- „Moduláció” – a szimbólumsorozat továbbítására egy – a jelzési sebességnél általában nagyobb frekvenciájú - szinuszos vivőt használunk.
- A vivő valamely jellemzőjét változtatjuk a szimbólumoknak megfelelően, így
 - amplitúdóját: ASK (amplitude-shift-keying) – ki-bekapcsolásos moduláció (eredetileg: „billentyűzés”),
 - frekvenciáját: FSK (frequency-shift-keying),
 - fázisát: PSK (phase-shift-keying).
- Az eljárás eredményeképpen a jel spektruma áthelyeződik az „alapsávból” a vivő környezetébe.

Jelek alapsávi leírása

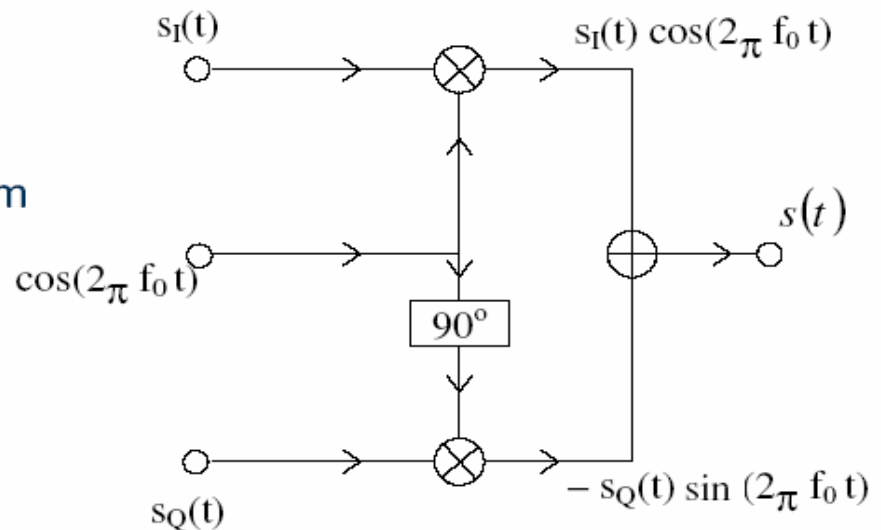
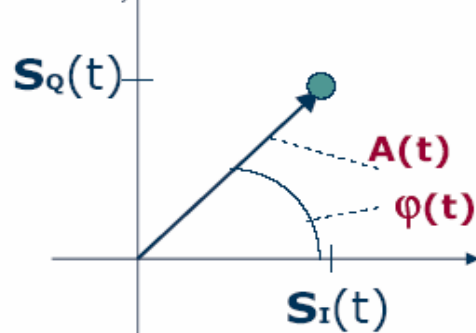
$$s(t) = A(t) \cos(\omega_c t + \varphi(t)) =$$

$$= \underbrace{A(t) \cos \varphi(t)}_{s_I(t)} \cos \omega_c t - \underbrace{A(t) \sin \varphi(t)}_{s_Q(t)} \sin \omega_c t$$

$$\overline{s_{ekv}}(t) = s_I(t) + i \cdot s_Q(t)$$

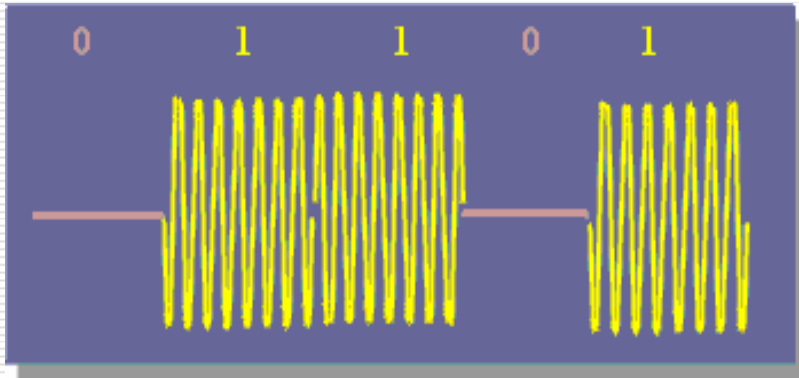
$$s(t) = \operatorname{Re} \left\{ \overline{s_{ekv}}(t) e^{i\omega_c t} \right\}$$

Fazorábra, Konstellációs diagram



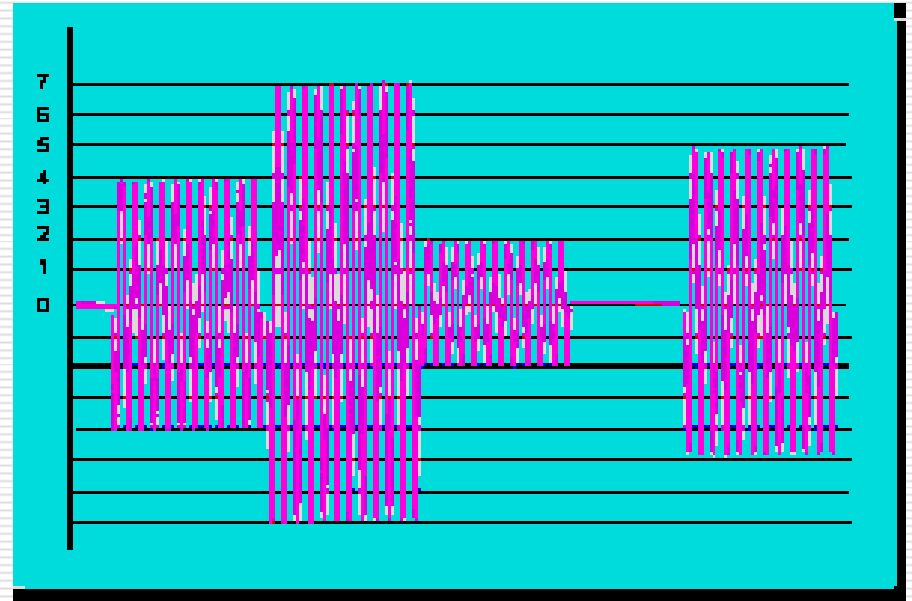
ASK (Amplitude Shift Keying)

- amplitúdó moduláció



← „0”: nincs vivő, „1”: van
(on-off-keying,
ki-bekapcsolásos moduláció)

Többszintű
ASK

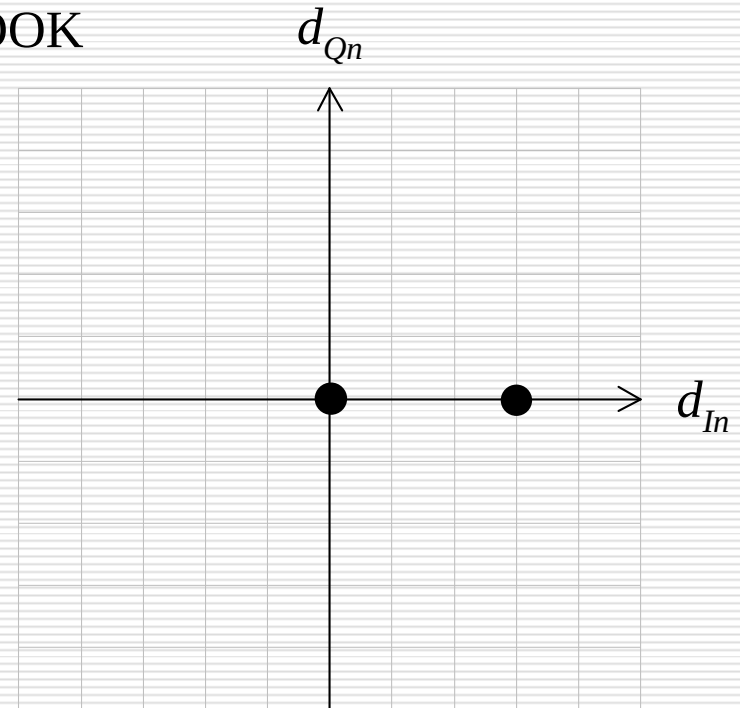


On/Off Keying, OOK

□ $b=1$



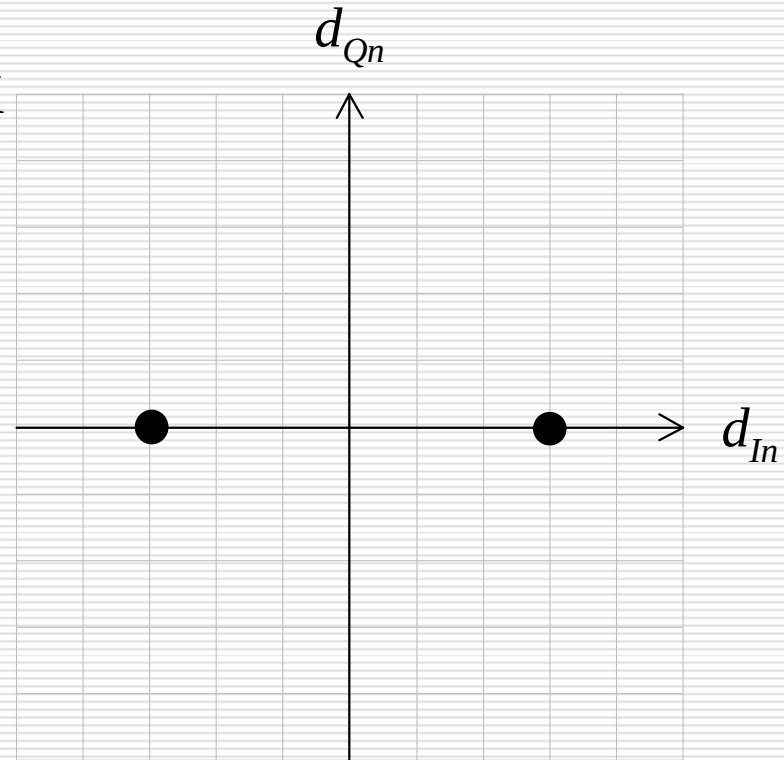
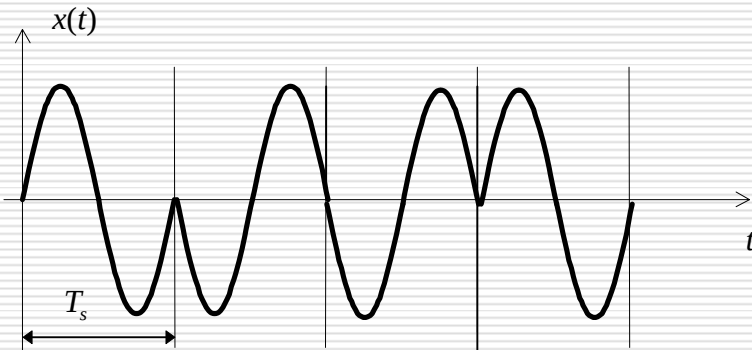
OOK



ASK/BPSK konstellációs diagram

□ $b=1$

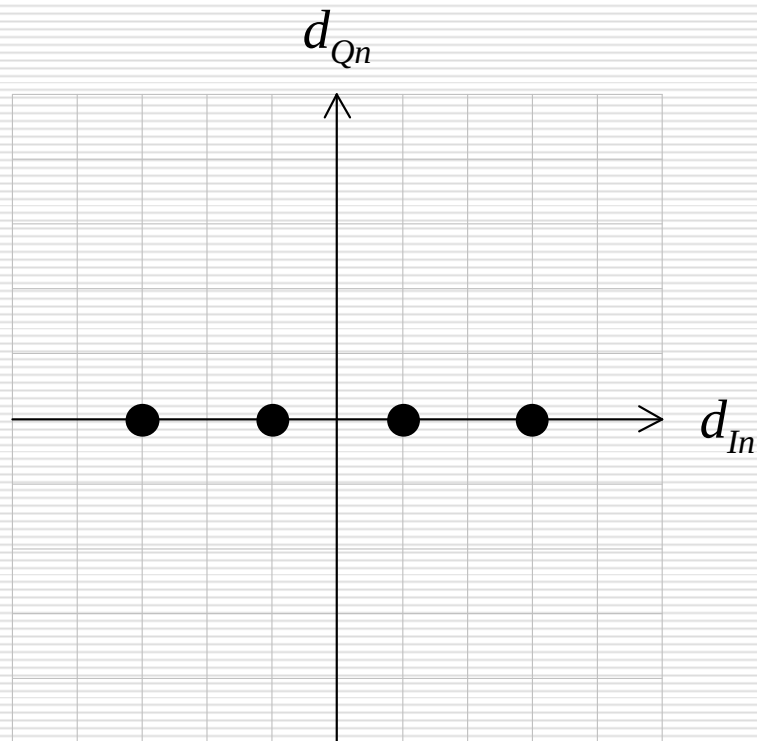
ASK,
BPSK



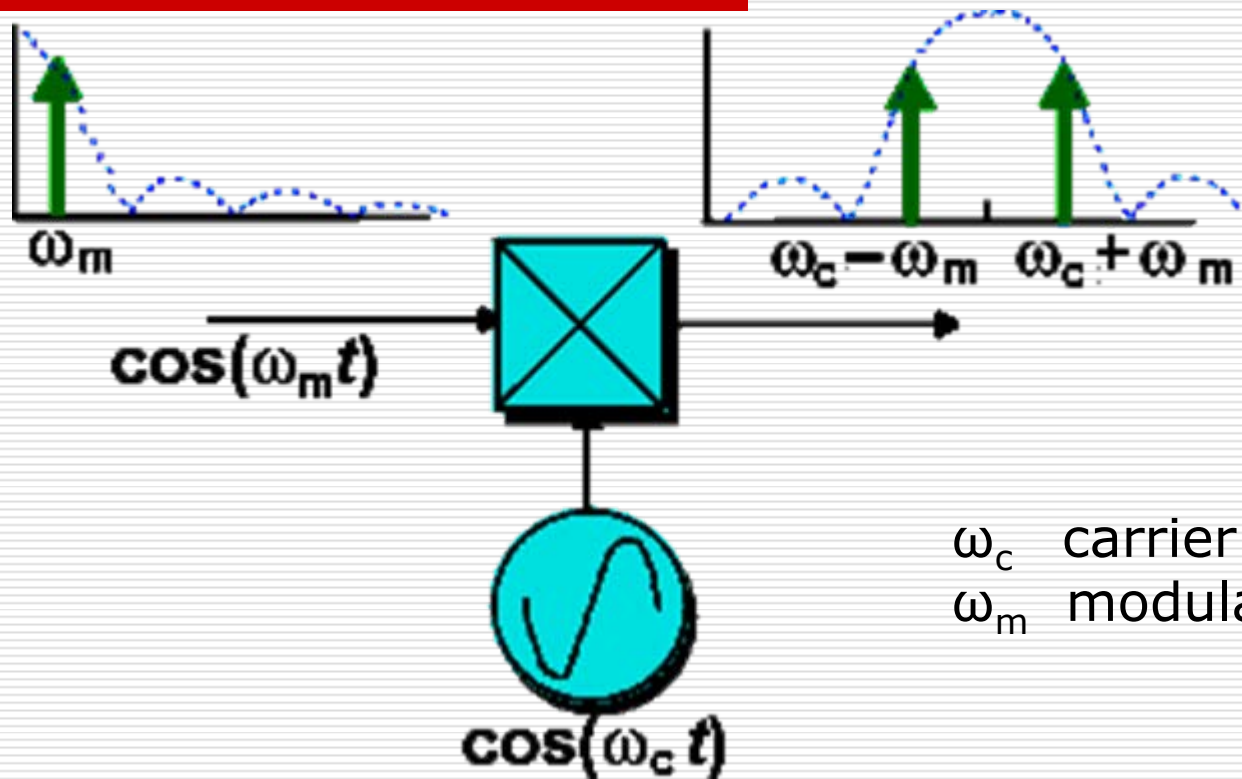
4ASK

□ $b=2$

4ASK

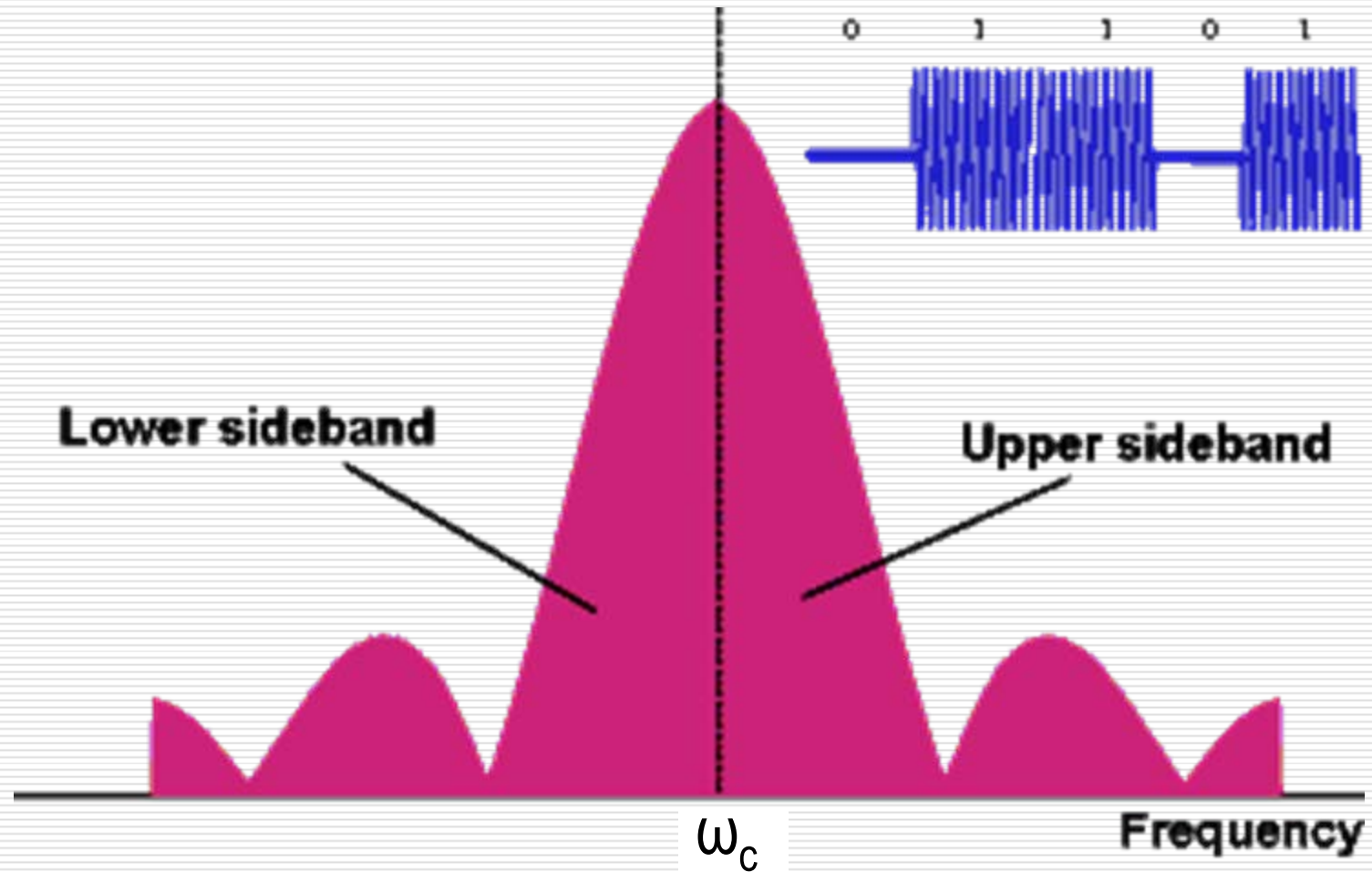


ASK jel spektruma: illusztráció szinuszos jelkomponenssel

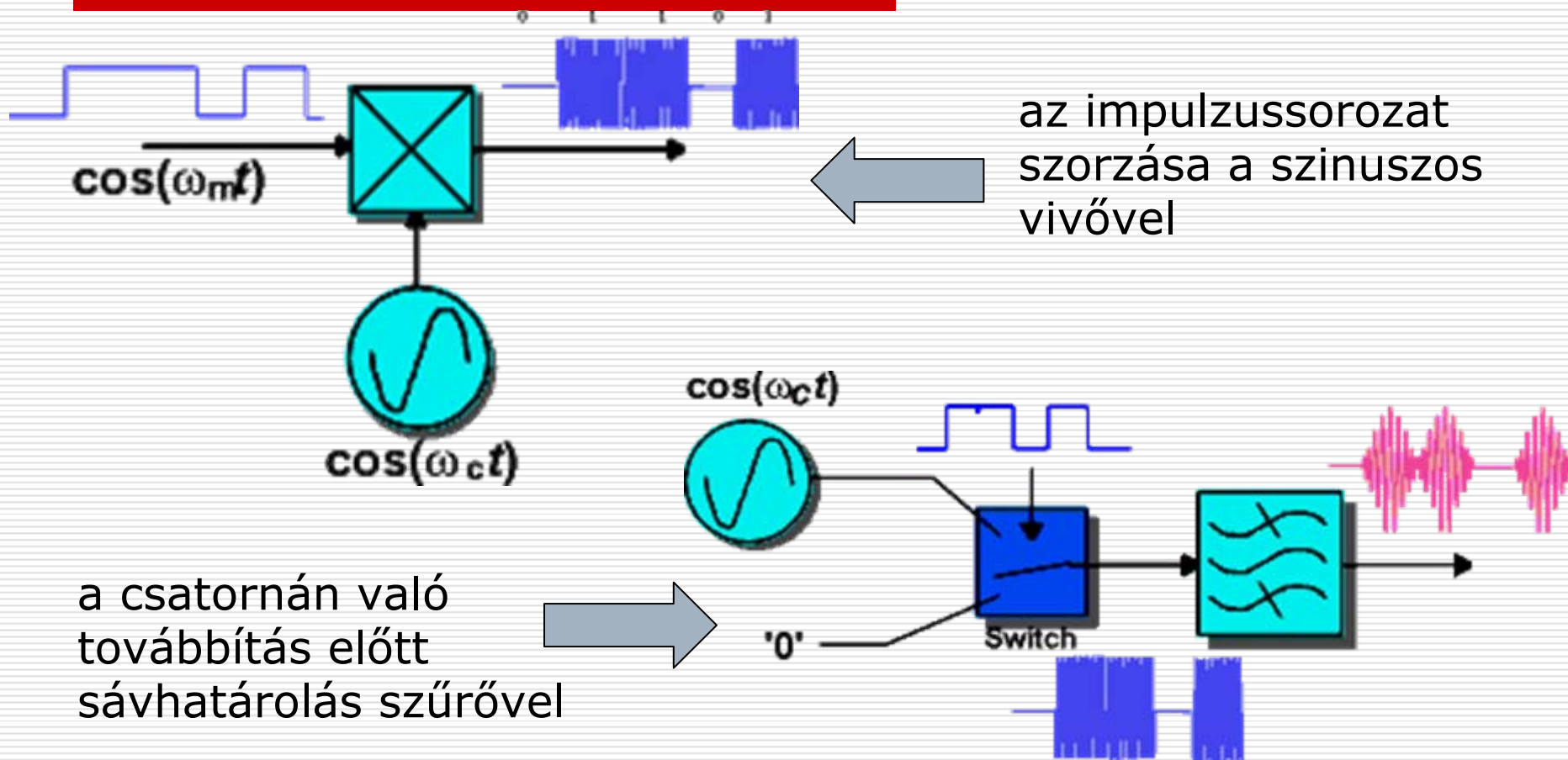


$$\cos \omega_m t \times \cos \omega_c t = 0,5 \cos (\omega_c - \omega_m) t + 0,5 \cos (\omega_c + \omega_m) t$$

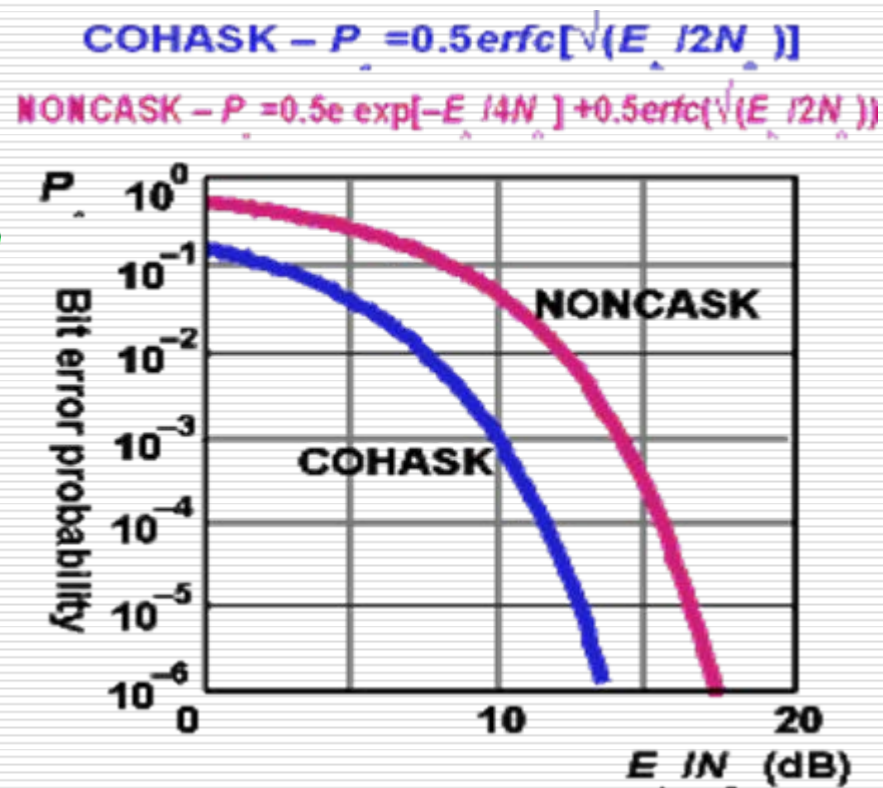
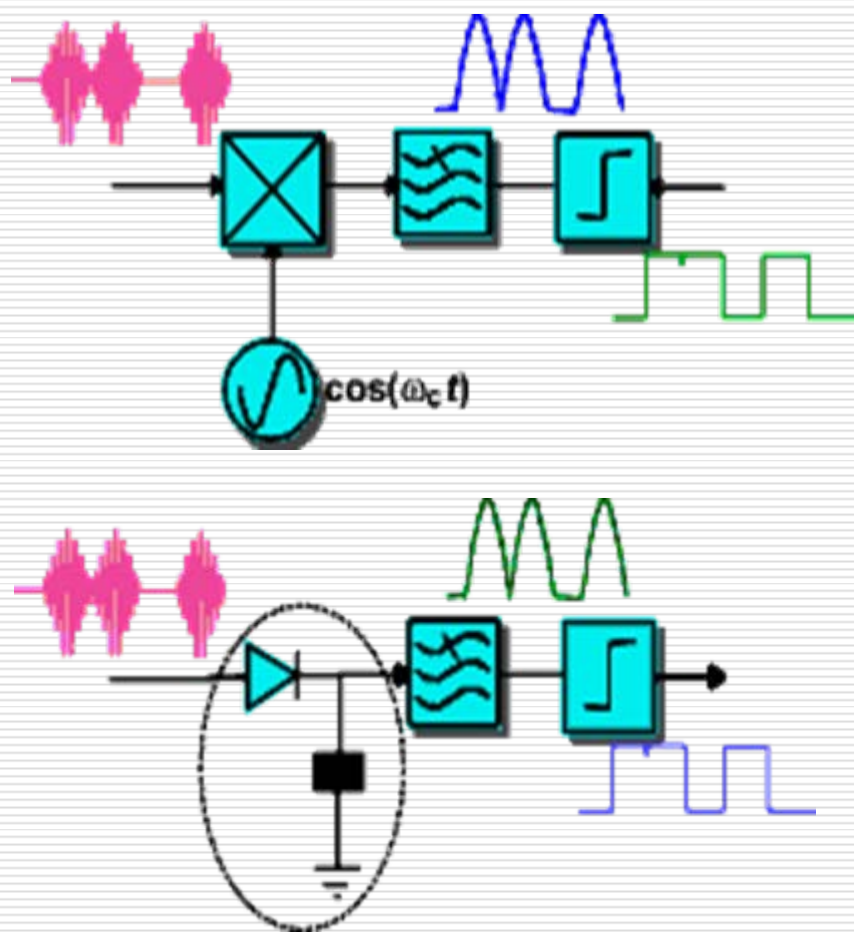
ASK jel spektruma



ASK jel előállítása *

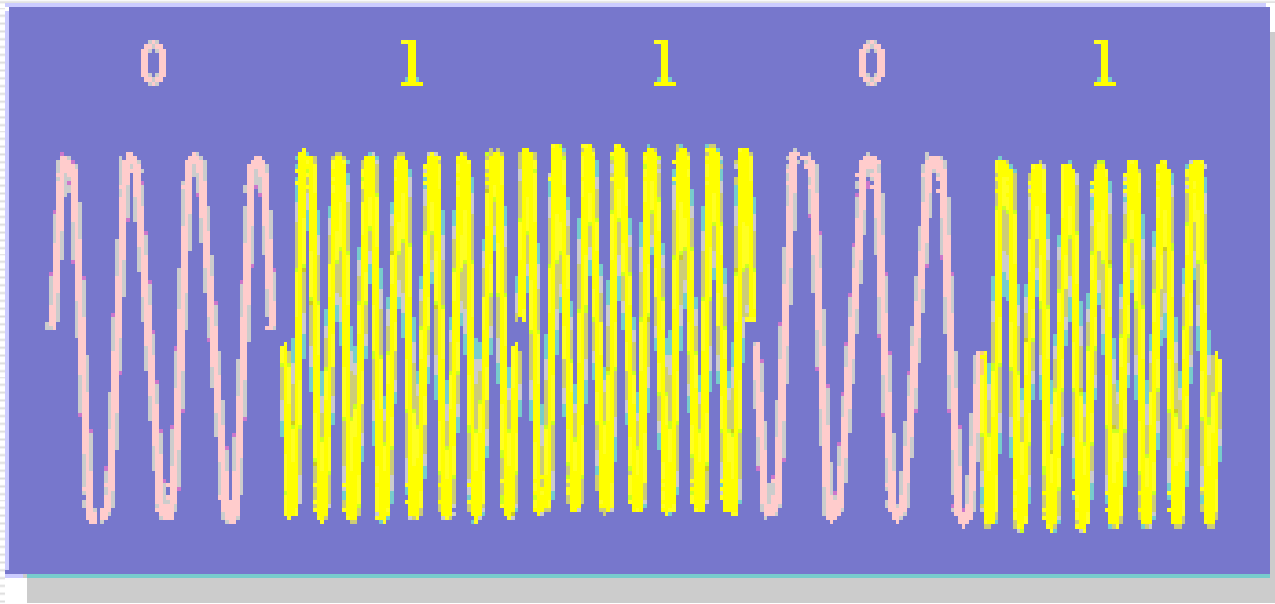


ASK jel demodulálása „koherens” és „nemkoherens” módszerrel *

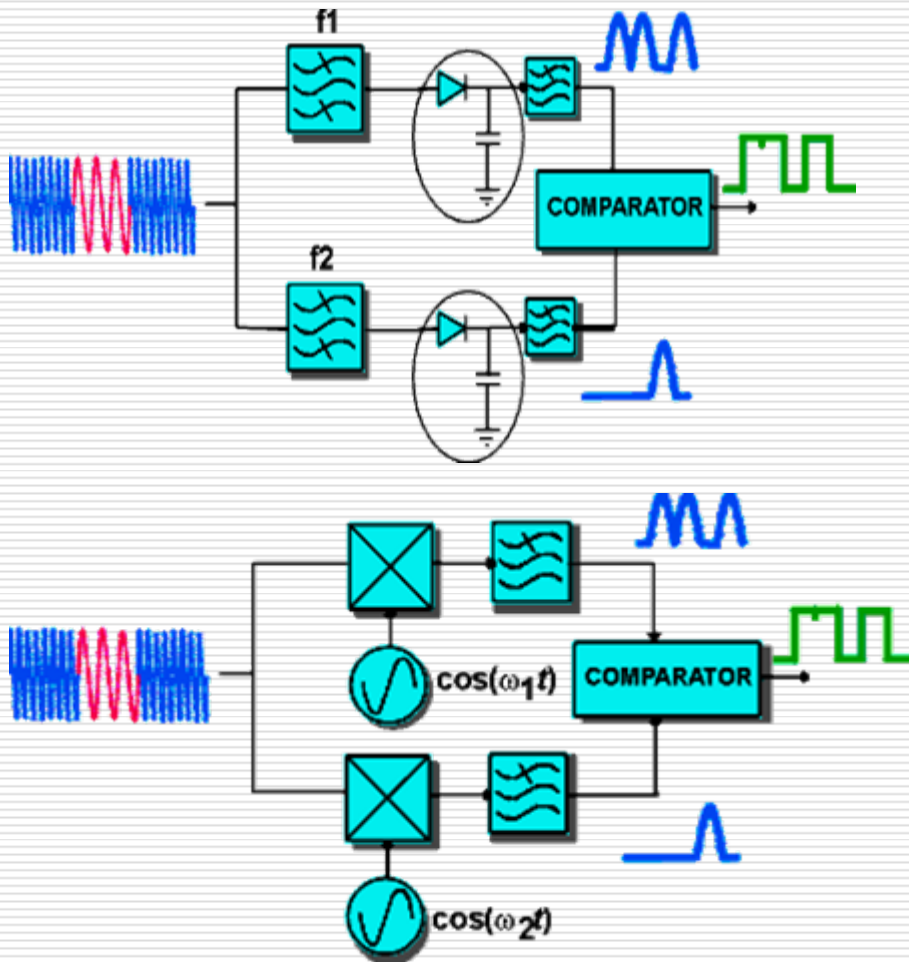


FSK

A „0” szimbólumnak f_1 frekvenciájú vivő, az „1”-es szimbólumnak f_2 frekvenciájú felel meg (digitális frekvenciamoduláció: a vivő frekvenciáját változtatjuk a moduláló jel szerint)



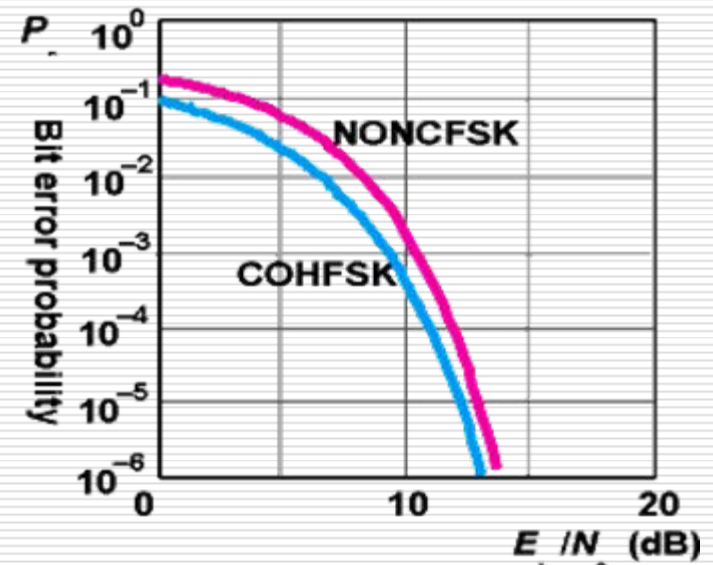
FSK: koherens és nemkoherens demodulálás *



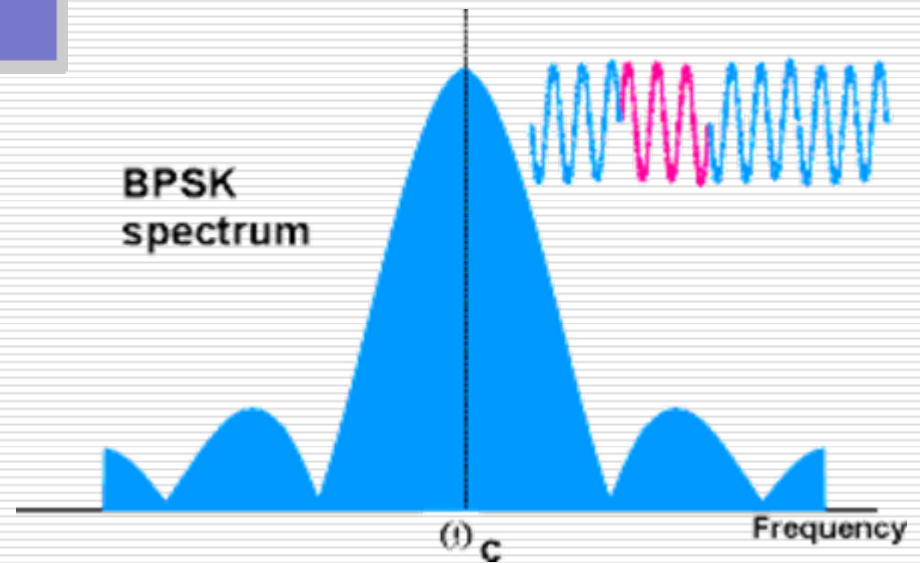
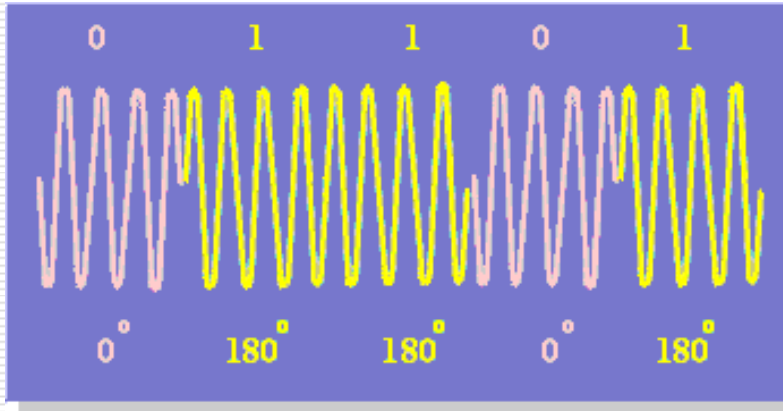
Hibavalószínűség
koherens és nem-
koherens esetben

$$\text{COHASK} - P_e = 0.5 \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{E_b}{2N_0}} \right]$$

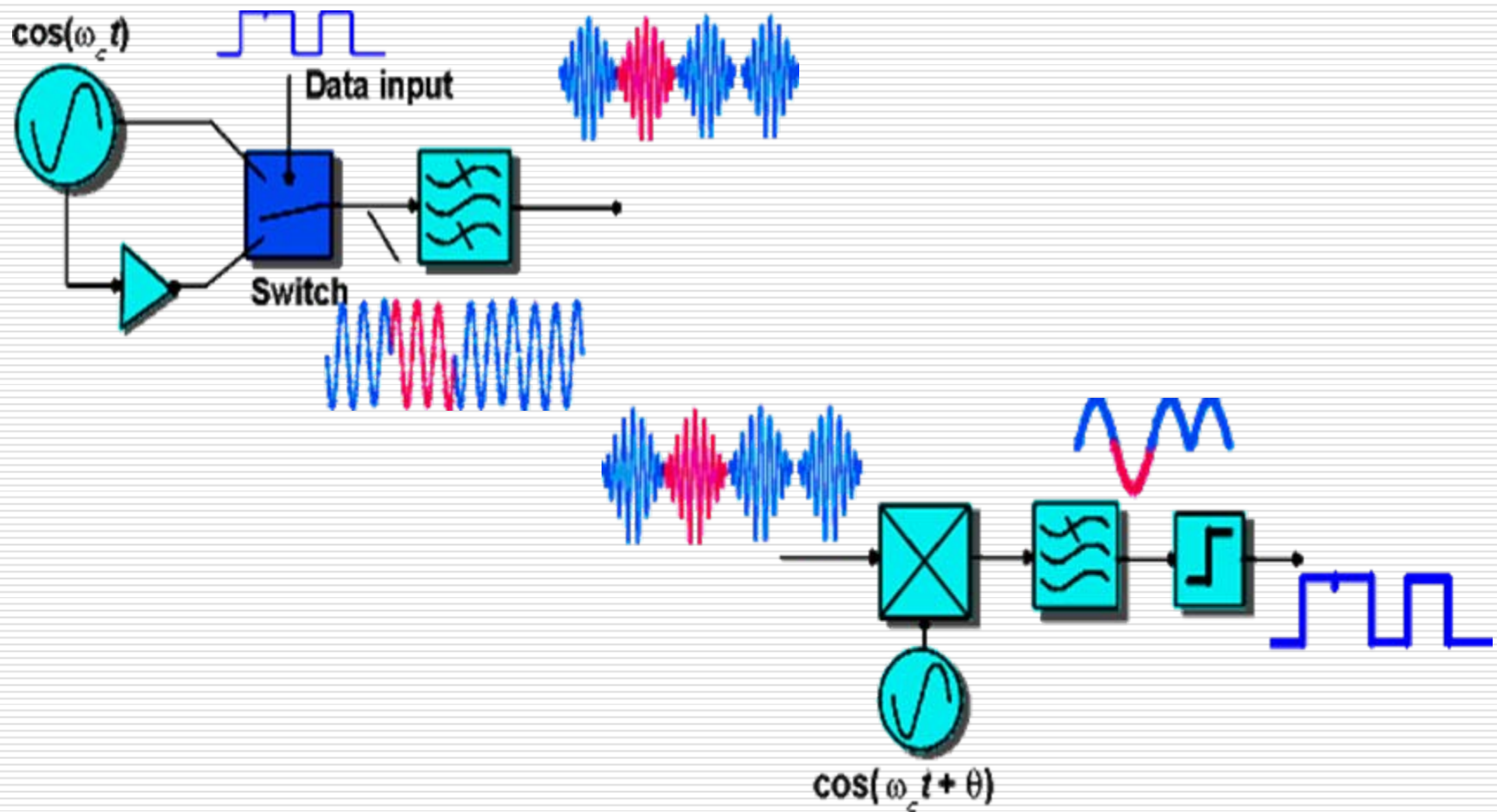
$$\text{NONCFSK} - P_e = 0.5 e^{-\frac{E_b}{2N_0}}$$



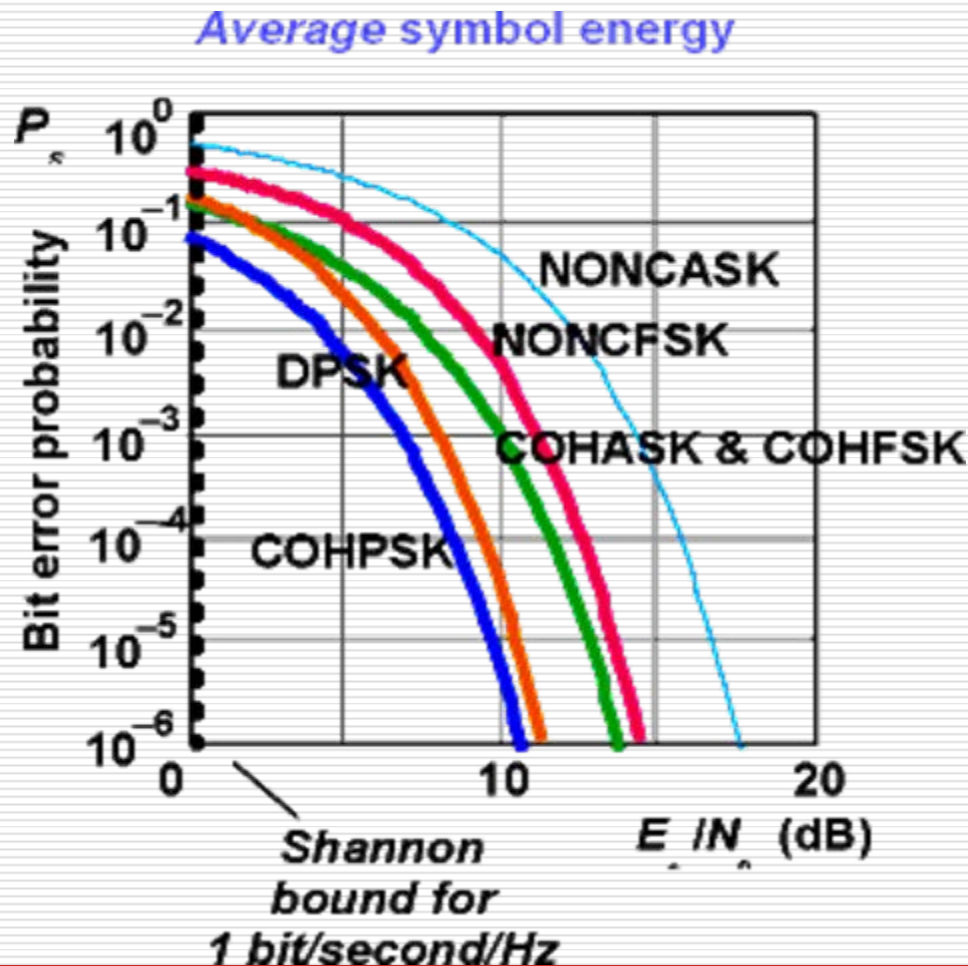
(Bináris) PSK jel az időtartományban és a spektruma



PSK jel előállítása és demodulálása *

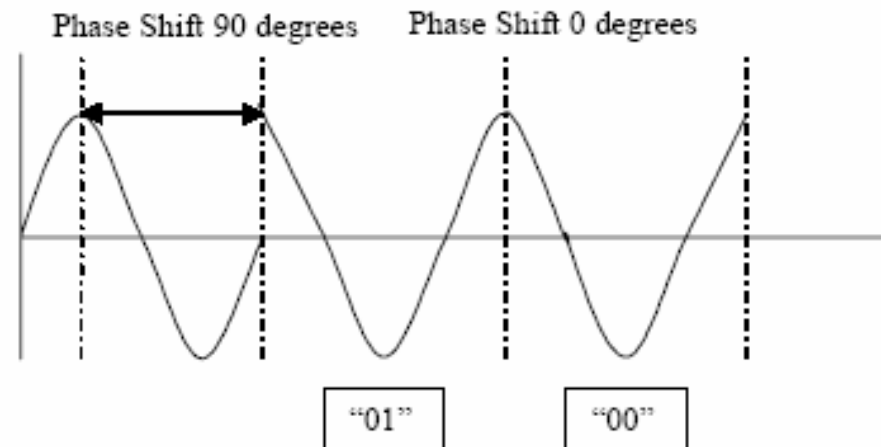


ASK, FSK és PSK hibavalószínűségei



Többszintű PSK: QPSK (Quadrature PSK)

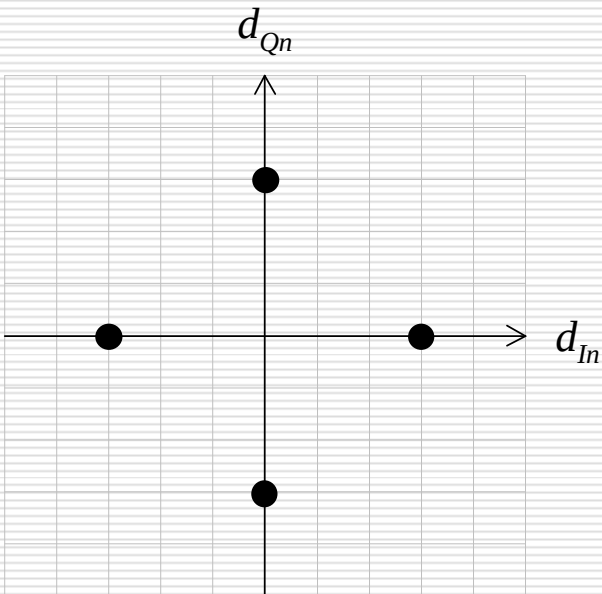
Symbol	Phase Shift
00	0 degrees
01	90 degrees
11	180 degrees
10	270 degrees



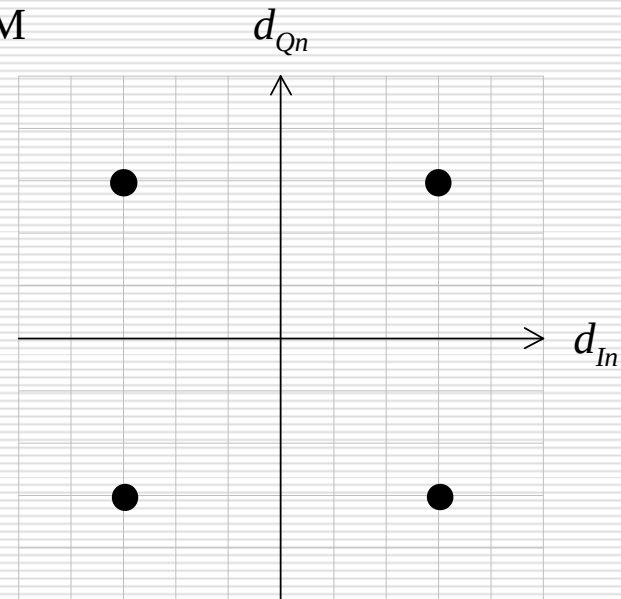
QPSK, QAM (kvadrátúra)

□ $b=2$

QPSK



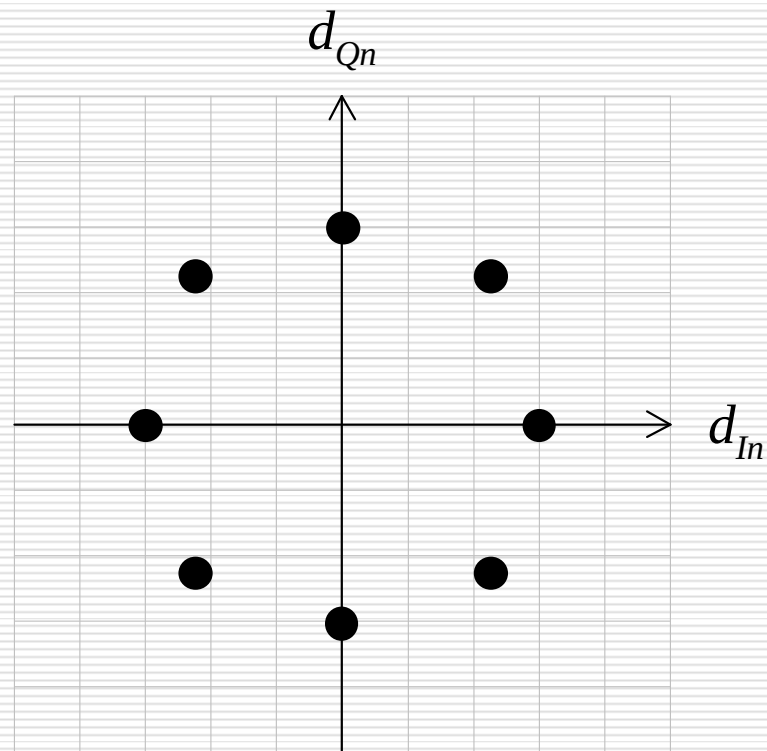
4QAM



8PSK

□ $b=3$

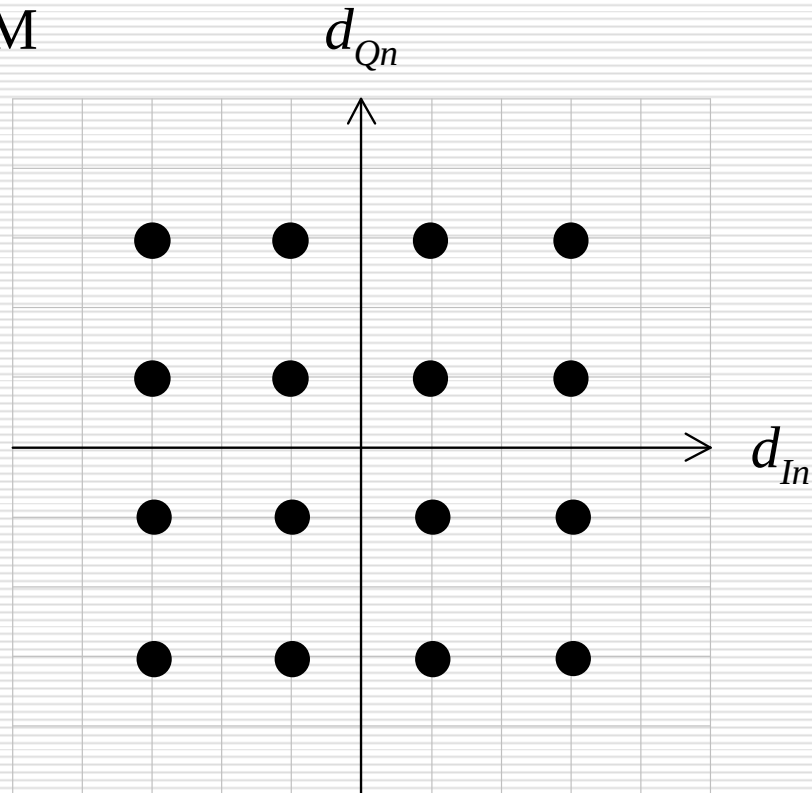
8PSK



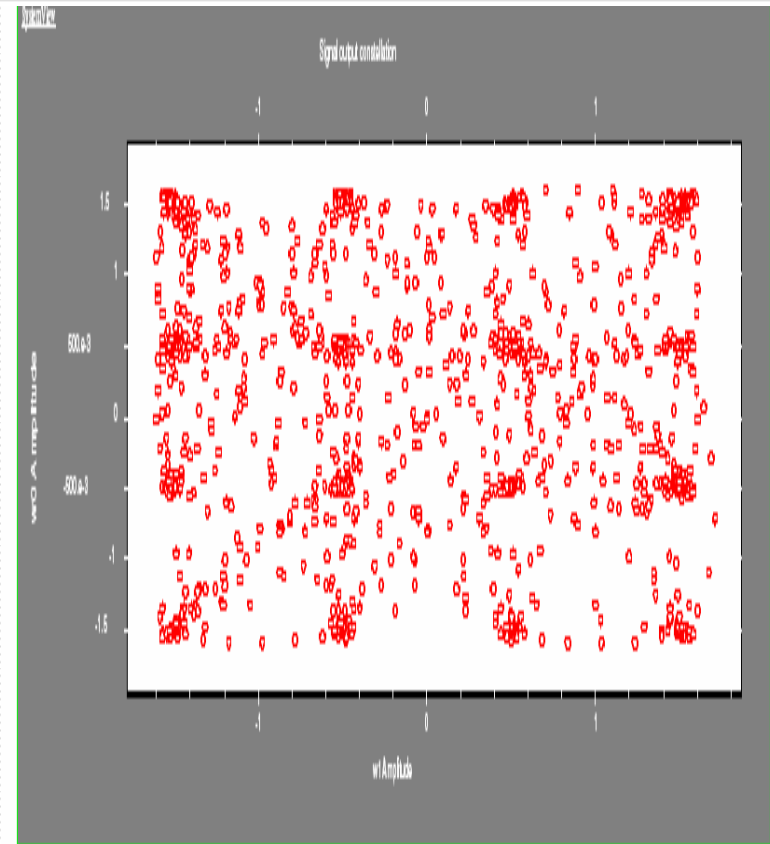
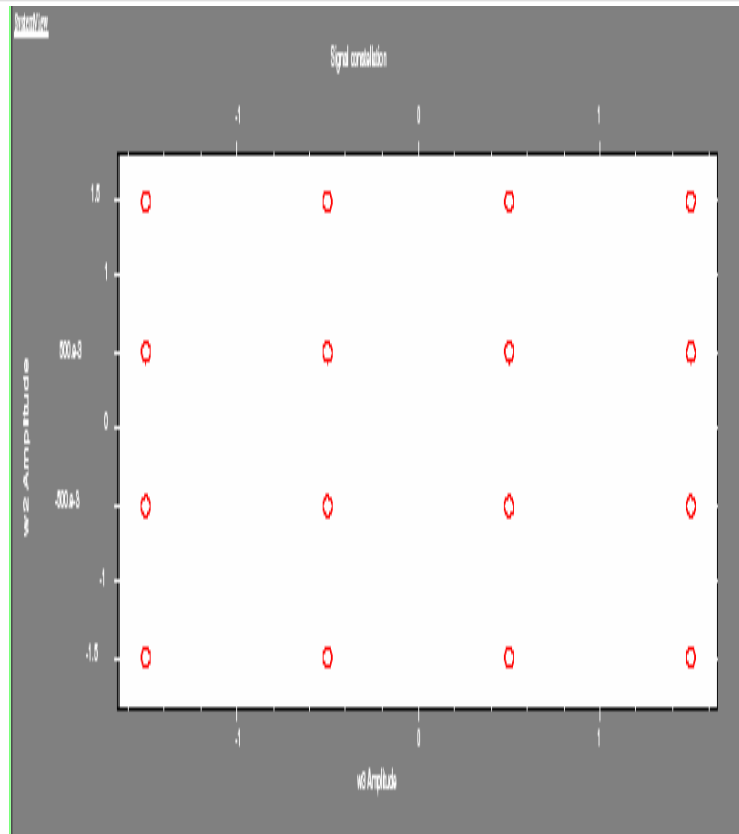
16QAM

□ $b=4$

16QAM



Zaj hatása 16QAM-re



Digitális modulációk alkalmazása hálózatokban

- ❑ WLAN (IEEE 802.11)
 - 1Mbit/s: DBPSK
 - 2 Mbit/s: DQPSK
 - 5.5 Mbit/s, 11 Mbit/s: QPSK
- ❑ RFID
 - BPSK (biometrikus útlevelek)
- ❑ Bluetooth
 - 8-DPSK

Modulációk mobil technológiákban

- ❑ GSM: Gaussian-Filtered Minimum Shift Keying (GMSK)
- ❑ UMTS: QPSK
- ❑ HSDPA: adaptív moduláció (QPSK vagy 16QAM)
- ❑ WiMAX: hasonló, van 64QAM is, ahogy HSDPA+-ban is

Néhány konklúzió a modulációkkal kapcsolatban

- ❑ Kisebb sebességre PSK alapú
- ❑ 8PSK helyett általában már 16QAM, mivel a 8PSK hibavalószínűsége alig jobb 16QAM-nél, de adatátviteli rátája csak $\frac{3}{4}$ -e
- ❑ Viszont: demodulátornak a fázis mellett az amplitúdót is helyesen kell detektálni QAM esetében

Analóg modulációs eljárások

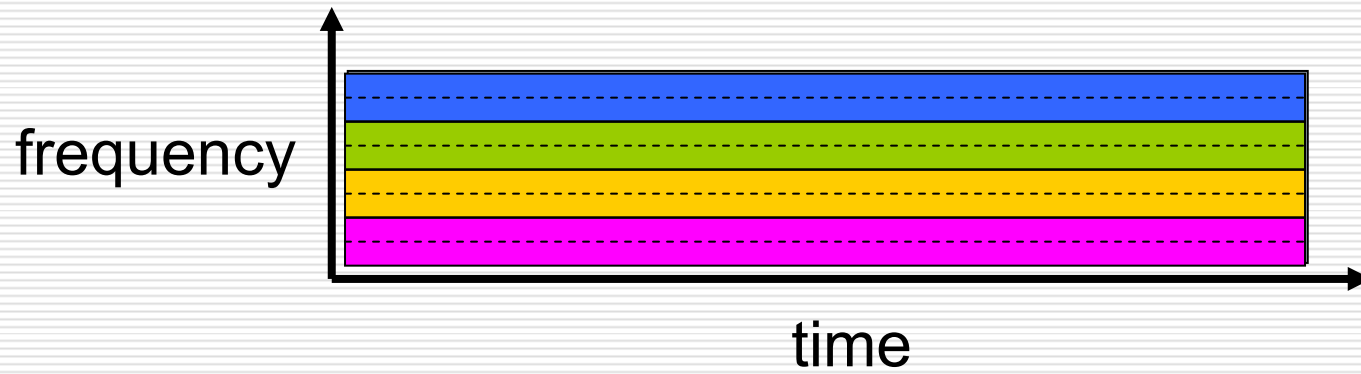
- ❑ Szinuszos vivő modulációja analóg moduláló jellel
- ❑ Amplitúdó- és szögmoduláció (frekvencia vagy fázismoduláció, attól függően, hogy melyik paraméter arányos a moduláló jellel)
- ❑ Részletesebben nem foglalkozunk ezekkel
- ❑ Az amplitúdómodulációs eljárásnak több jel összefogásánál, multiplexelésénél van jelentősége, mivel az analóg amplitúdómoduláció (az ASK-hoz hasonlóan):
 - szorzás az időtartományban
 - spektrumeltolás a frekvenciatartományban

FDM és TDM

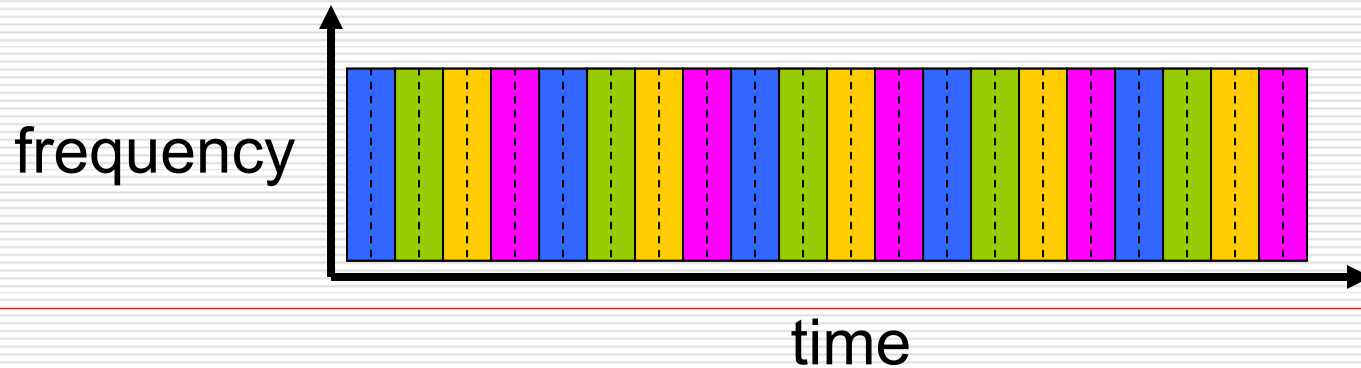
FDM

Példa:

4 felhasználó ■ ■ ■ ■

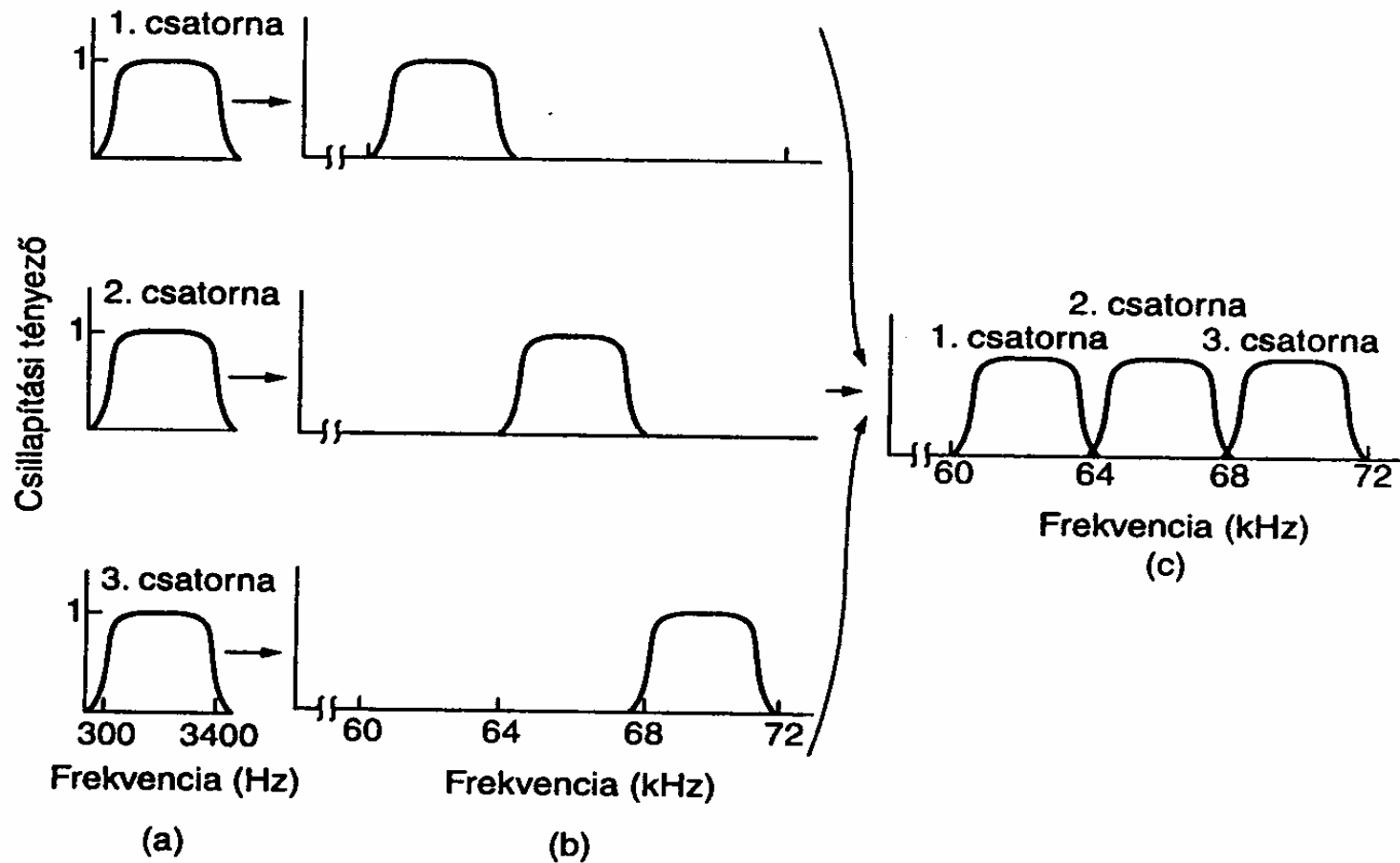


TDM

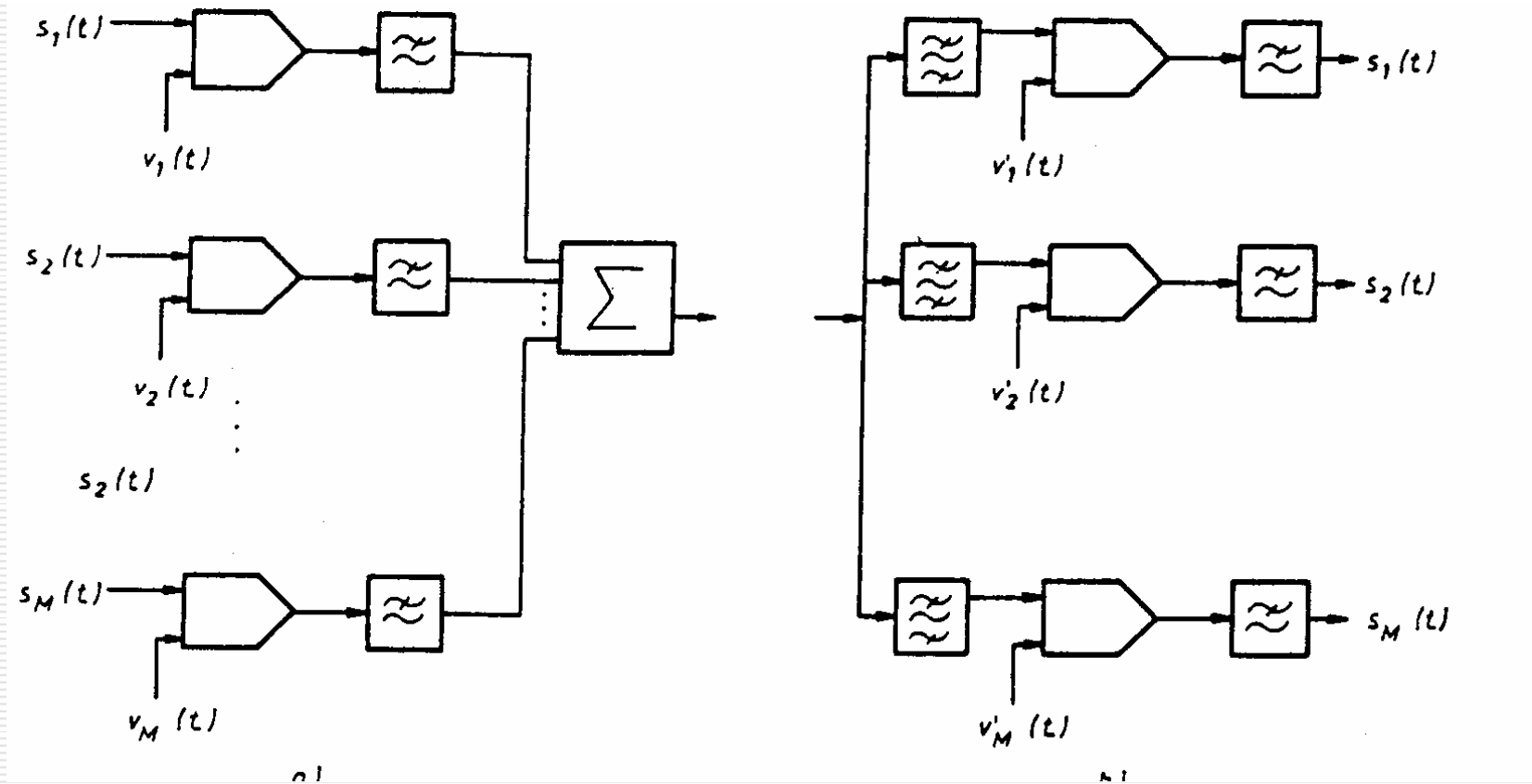


A frekvenciaosztású nyalábolás elve –

- FDM – frequency division multiplexing

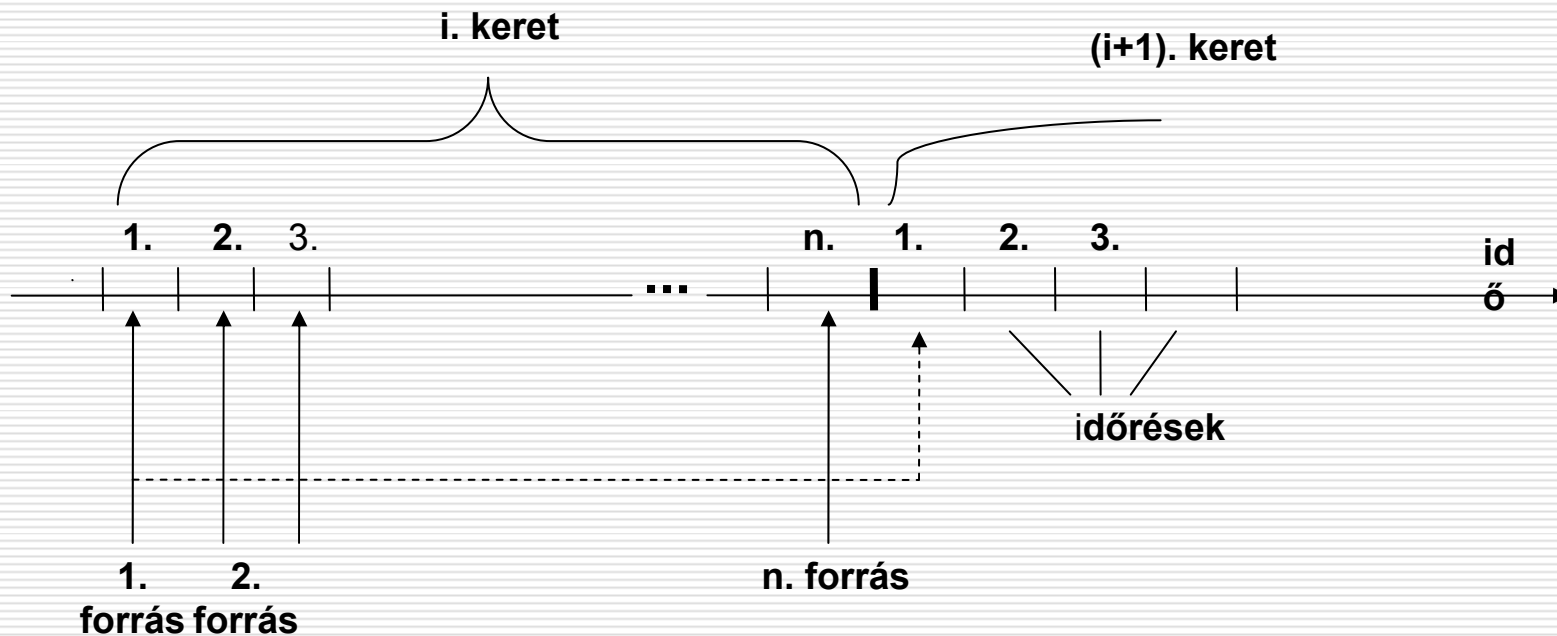


A frekvenciaosztású multiplexelés és demultiplexelés elvi megvalósítása

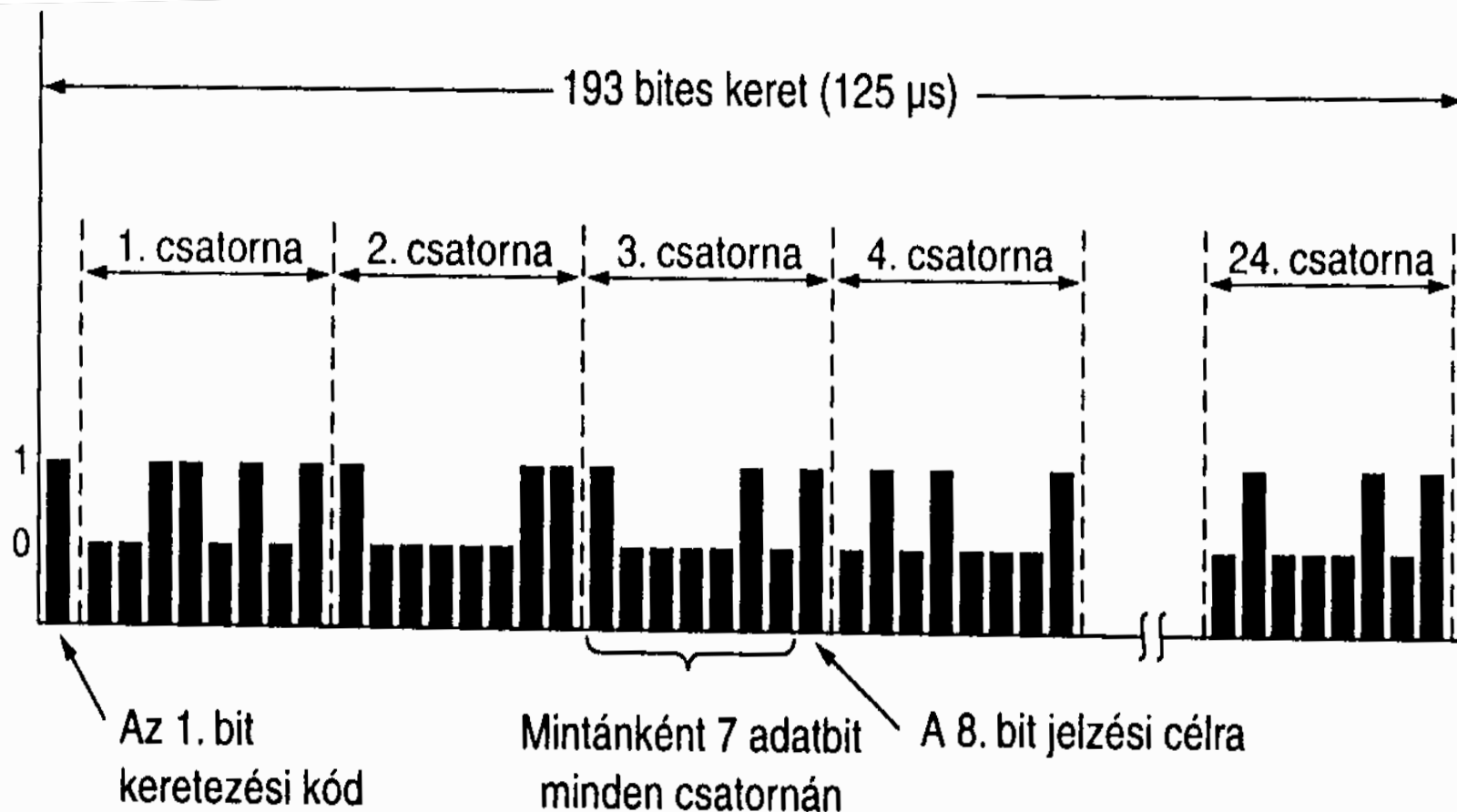


Időosztású multiplexelés –

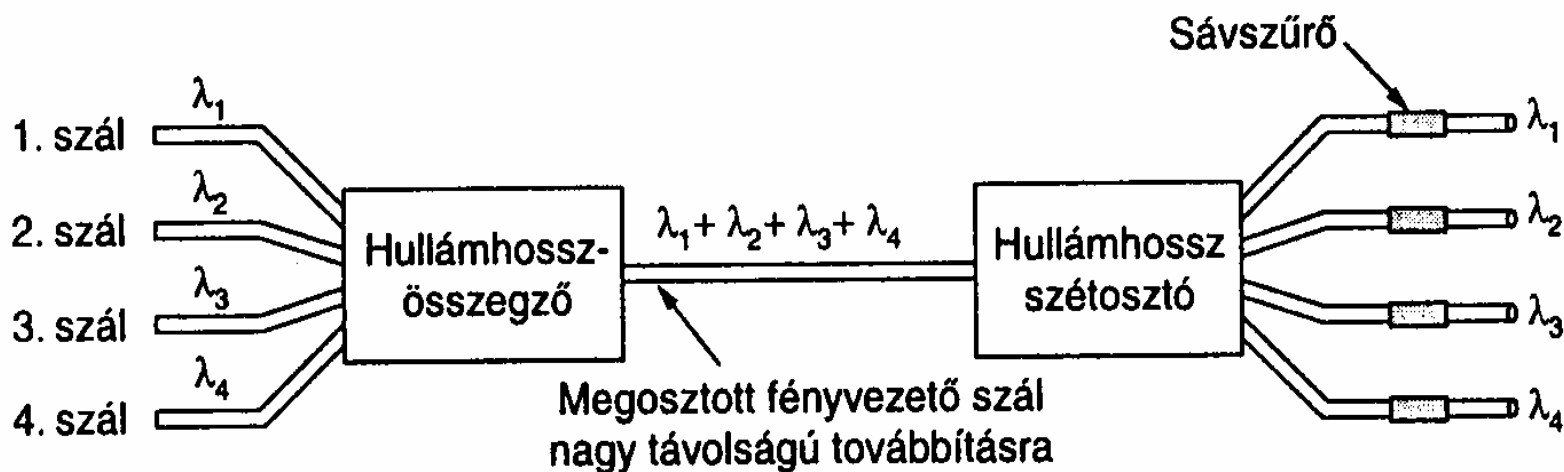
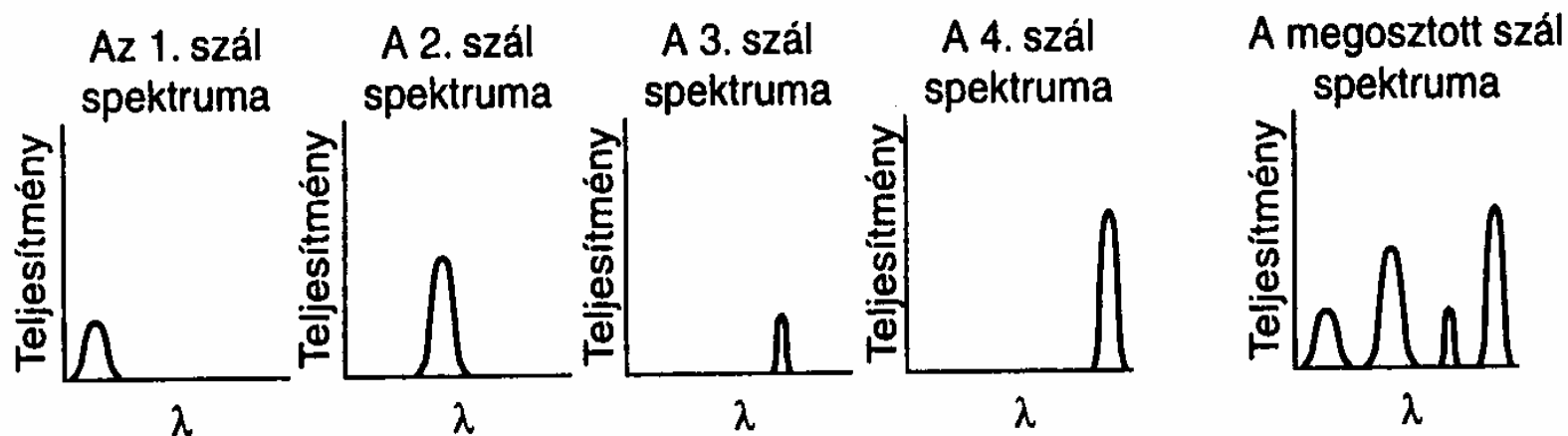
- TDM – time division multiplexing



Példa időosztású nyalábolásra beszédátviteli rendszerben (24 csatorna egyenként 8 bitjének multiplexelése)



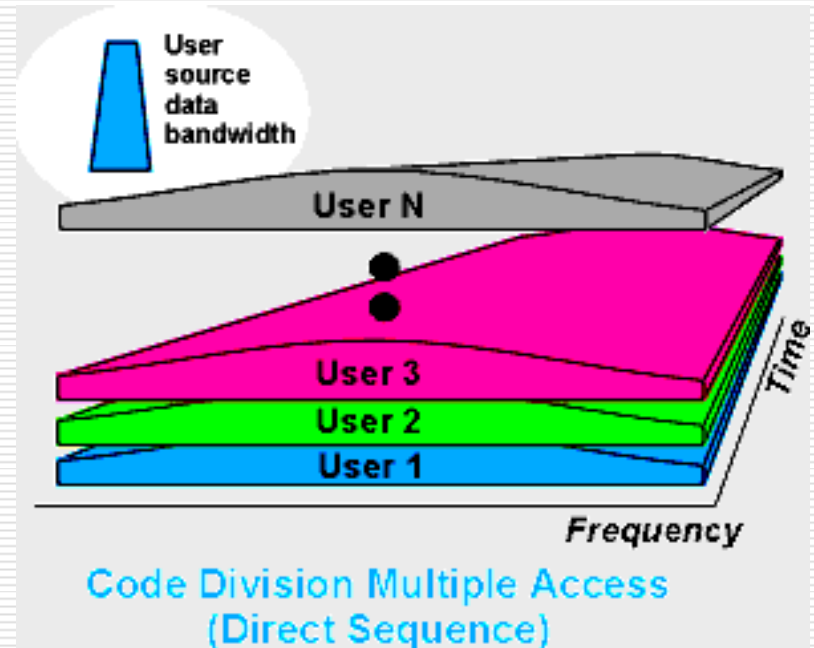
Hullámhossz-osztású nyalábolás (multiplexelés)



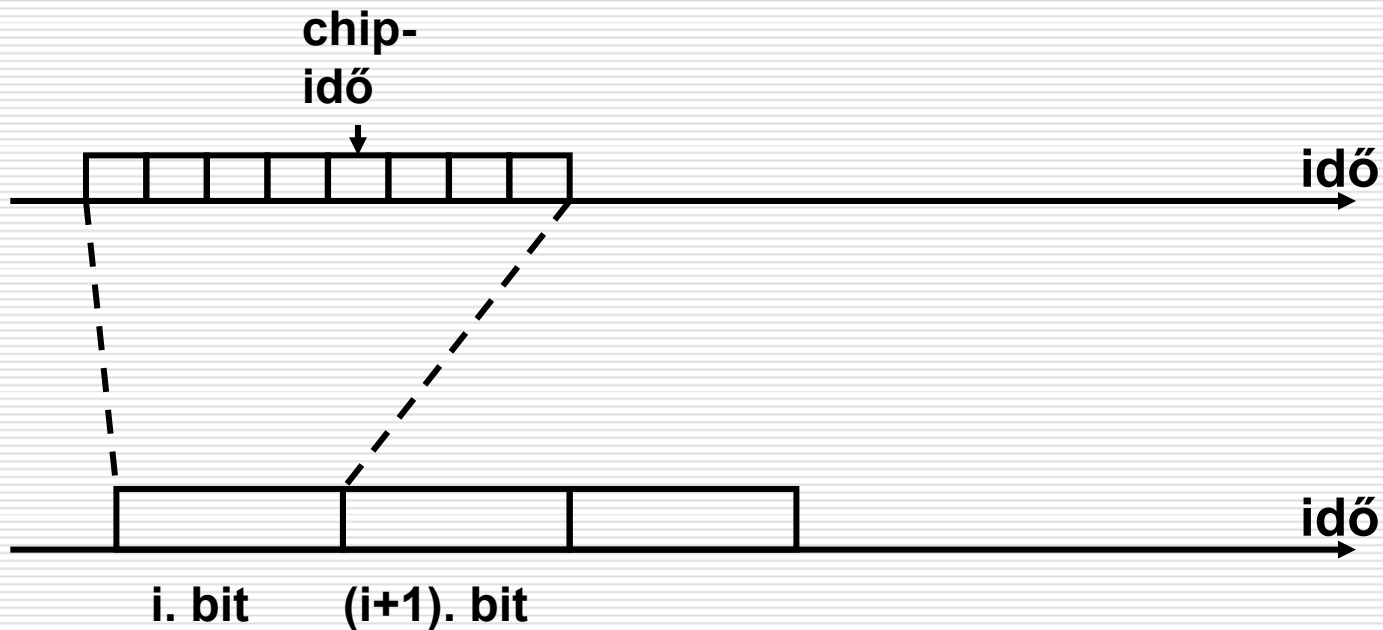
Kódosztású nyalábolás

(CDM – code division multiplexing)

- A egyes csatornák jele sem frekvenciában, sem az időben nem különül el
- Hogy lehet ez?
- Akkor hogyan különböztetjük meg azokat?
- És mi az értelme ennek a furcsa „osztás”-nak?
- Nézzük az egyik módját, az ún. direct sequence CDM-et!



A CDM elve és a „spektrumszórás” (spread spectrum)



Hol tartunk?

- Megismertük szimbólumok jelekkel történő továbbításának alapvető problémáit:
 - Véges sávszélességű csatorna → diszperzió
 - Elektromos jelek feldolgozása → additív zaj
- A forrás által küldött szimbólumok nem mindig azonosak a nyelőbe jutó szimbólumokkal
- Megismertük a jeleknek a csatorna rendelkezésre álló frekvenciasávjához történő illesztését:
 - Moduláció
 - Nyalábolás (multiplexálás / multiplexelés)

„Fizikai szintű” kommunikáció

Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon

3. rész: Hírközlő csatornák a gyakorlatban

Hírközlő csatornák a gyakorlatban

- ☐ (Réz)vezetékes csatornák
- ☐ Fényvezető (üvegszálas) csatornák
- ☐ Vezetéknélküli csatornák
 - szabadtéri fényátvitel
 - infravörös átvitel
 - rádiós átvitel
 - ☐ földfelszíni
 - ☐ műholdas
 - ☐ ezen belül mobil

Jeltovábbítás fémvezetőkkel

- Két fémvezető és köztük dielektromos szigetelés (levegő is lehet)
- Szakszerű elnevezés: TEM-hullámvezető (**t**ranszverzális **e**lektromos-**m**ágneses)
 - mivel a vezetők távolsága a jel hullámhosszához képest kicsi, csak TEM alapl módus terjed
- Fő típusai:
 - Szimmetrikus érpár
 - sodrott érpár
 - Koaxiális kábel

Sodrott érpárok

3-as kategóriájú sodrott érpár, árnyékolatlan
Cat3 UTP (unshielded twisted pair) – kb. 16 MHz-ig



*4 érpár
egy kábelben*

5-ös kategóriájú árnyékolatlan sodrott érpár
– kb. 100 MHz-ig



*sűrűbb sodrás,
jobb átviteli
jellemzők*

Sodrott érpáras kábelek

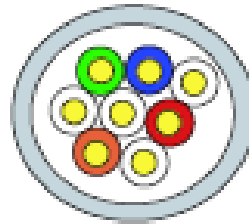
Jelölések:

S – shielded
(fémhálószerű)

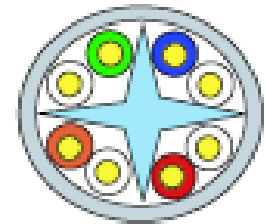
F – foiled
(árnyékolás
fémlemezzel)

Cat6, Cat7:
újabb, még jobb átvitelt
biztosító kábelek nem
terjedtek el

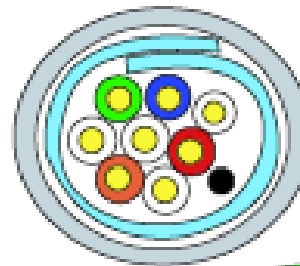
U/UTP



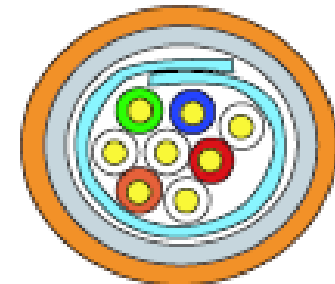
U/UTP (Cat. 6)



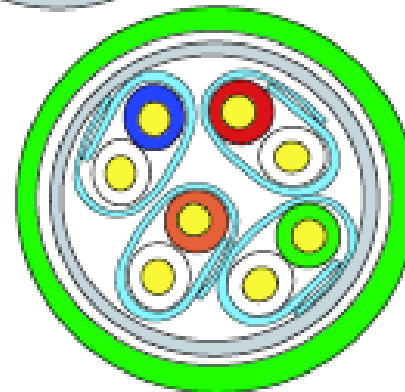
F/UTP



SF/UTP



S/FTP (Cat. 7)



Csatlakozók - RJ

RJ – Registered Jack



RJ45
UTP-hez
8 ér

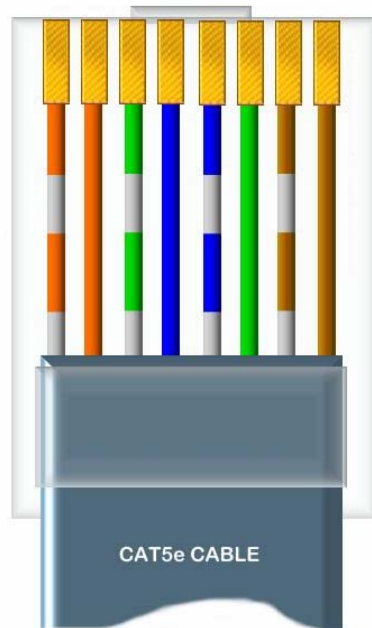


RJ11
„lapos” telefon kábelhez
2, 4 vagy 6 ér

UTP bekötése – „színkódok”

Egyenes kötésű

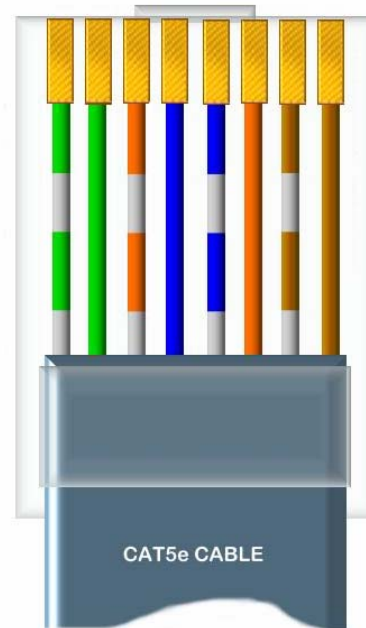
Narancs/Fehér
Narancs
Zöld/Fehér
Kék
Kék/Fehér
Zöld
Barna/Fehér
Barna



hálózat – gép
gép - hálózat

Keresztkötésű

Zöld/Fehér
Zöld
Narancs/Fehér
Kék
Kék/Fehér
Narancs
Barna/Fehér
Barna



gép - gép
hálózat - hálózat

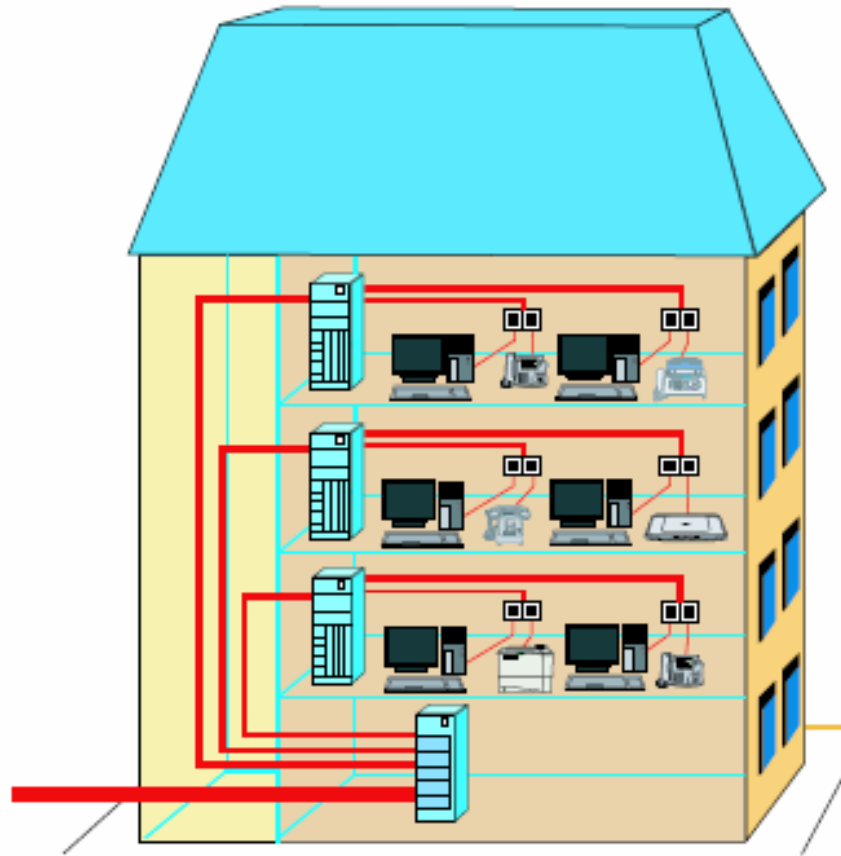
Strukturált kábelezés

- ❑ Döntően UTP-kábelezést használ
- ❑ Strukturált: központi elosztókból (ún. rendezőkből) minden végponthoz külön kábel megy, szemben pl. a végpontok felfűzésével egy kábelre
- ❑ Általános célú, telefon- és számítógép-hálózat kialakítására egyaránt alkalmas
- ❑ A végpontról nem kell előre eldönteni, hogy mit fogunk arra csatlakoztatni
- ❑ Könnyű átkonfigurálhatóság

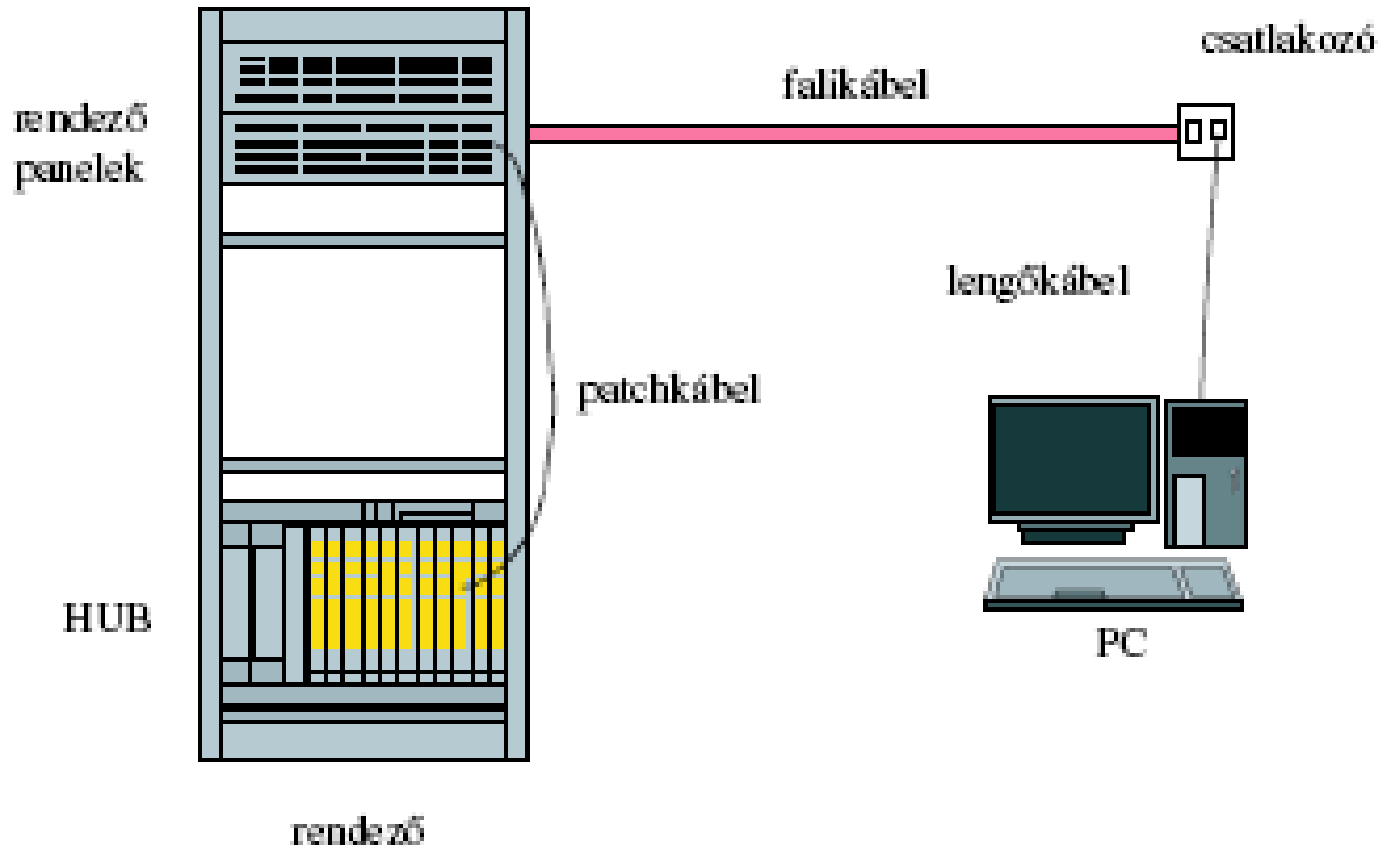
A strukturált kábelezés fő elemei

- Főrendező
 - az épület központi rendezője, itt csatlakozik pl. a telefon-alközpont
- Gerinckábelezés (újabban gyakran fényvezető)
- Alrendezők
 - a szintenkénti kábelezés elosztói
- Vízszintes kábelezés
 - többnyire sodrott érpáras, de helyettesíthető vezetéknélküli megoldással is, lásd később a vezetéknélküli lokális hálózati technikákat
- Csatlakozók

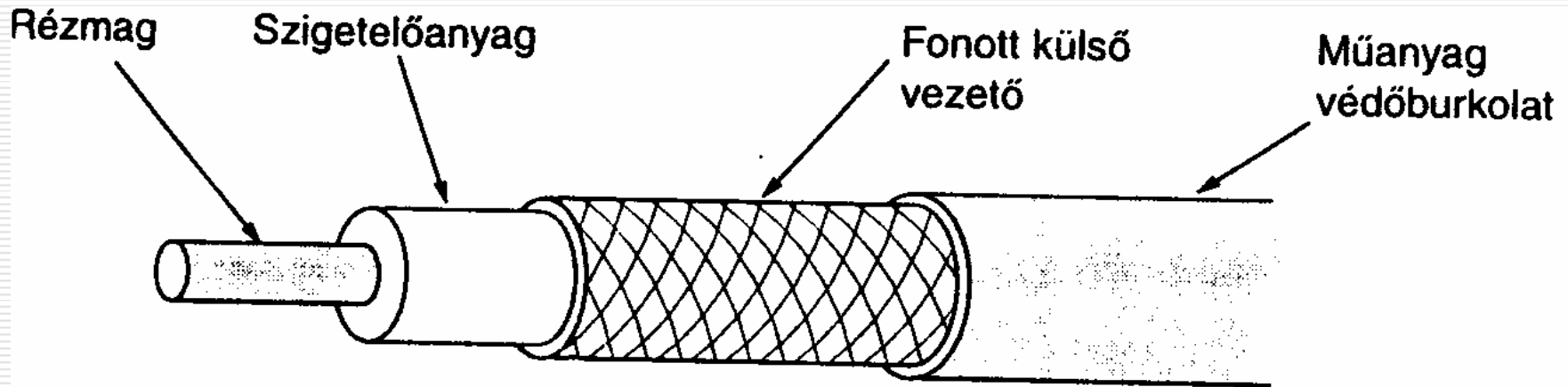
Illusztráció: Strukturált kábelezés többszintű épületben



Illusztráció: a strukturált kábelezési rendszer elemei



Koaxiális kábelek



- Két végén lezárás a hullámimpedanciával (50 Ohm)
- Jó zavarvédelem és nagy sávszélesség
- Számítógép-hálózatokban ma már kevésbé használják (kábeltelevíziós rendszerekben, a távközlő hálózatok nagytávolságú átviteli rendszereiben fordul elő). Vagy az optikai (fényvezető) átvitel szorítja ki, vagy kis távolságok esetén a sodrott érpár

Koaxiális kábel és csatlakozás



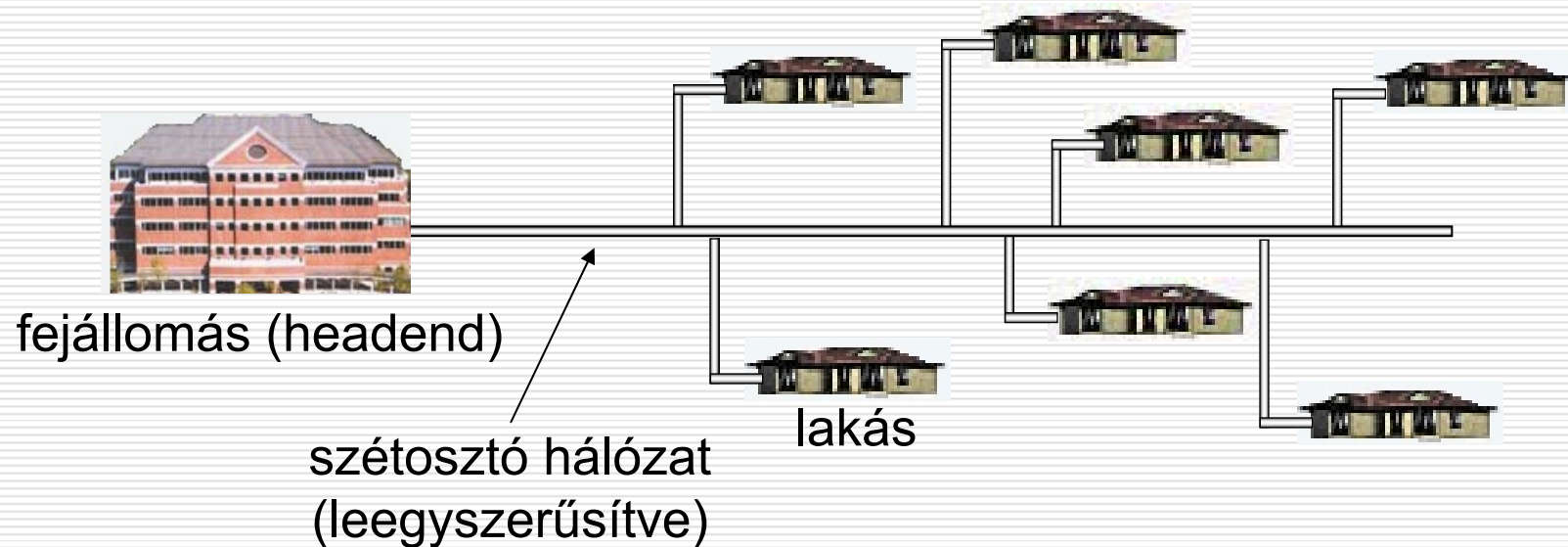
BNC

50 ohmos: számítógép-hálózatok

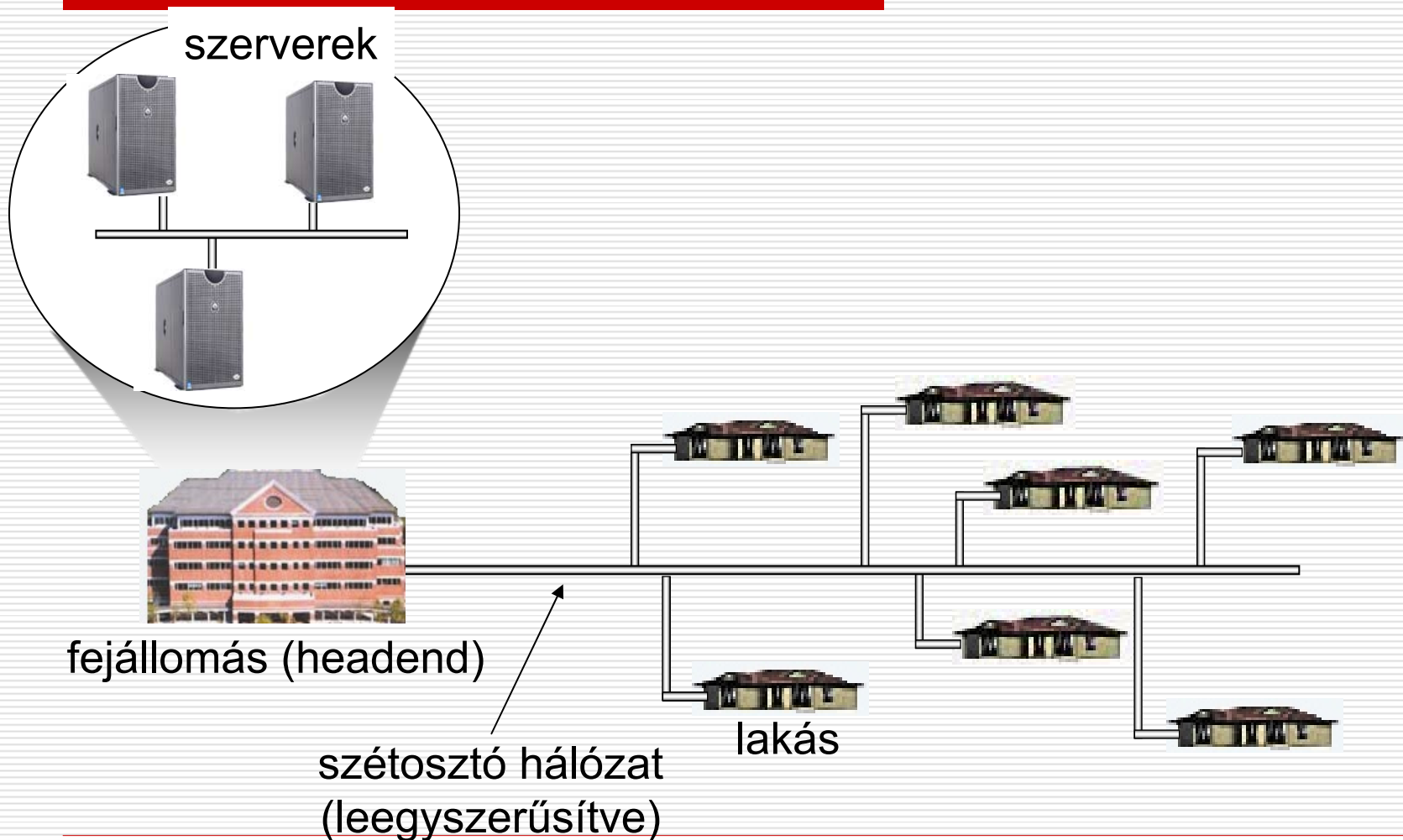
75 ohmos: TV-antenna kábel

Kábeltévé-hálózat

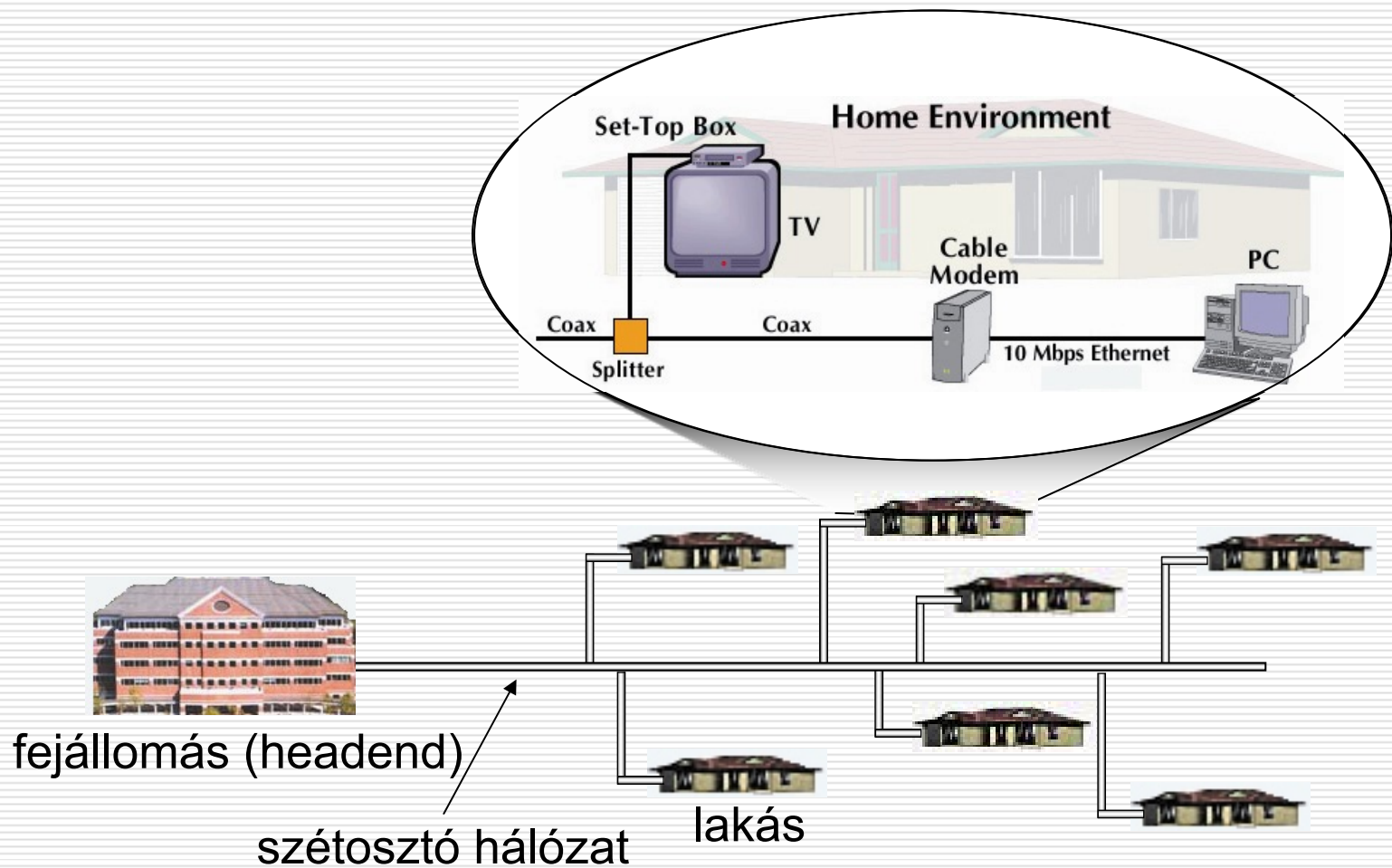
Tipikusan 500...5000 lakás



Kábeltévé-hálózat

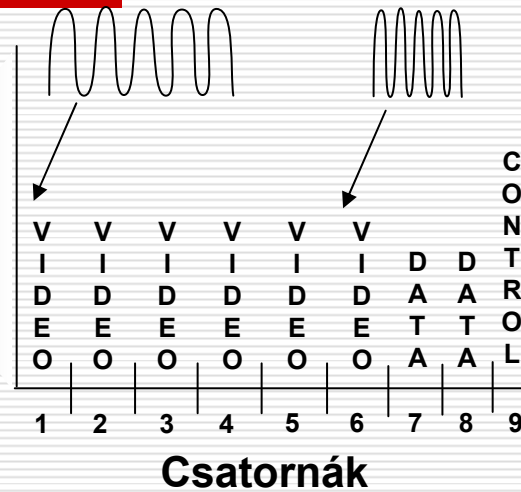
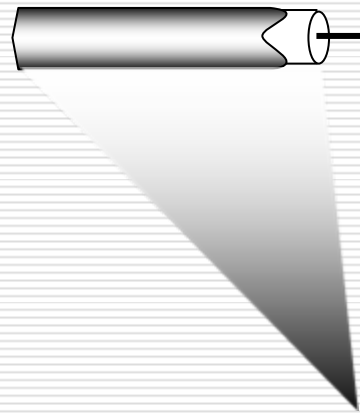


Kábeltévé-hálózat



Kábeltévé-hálózat

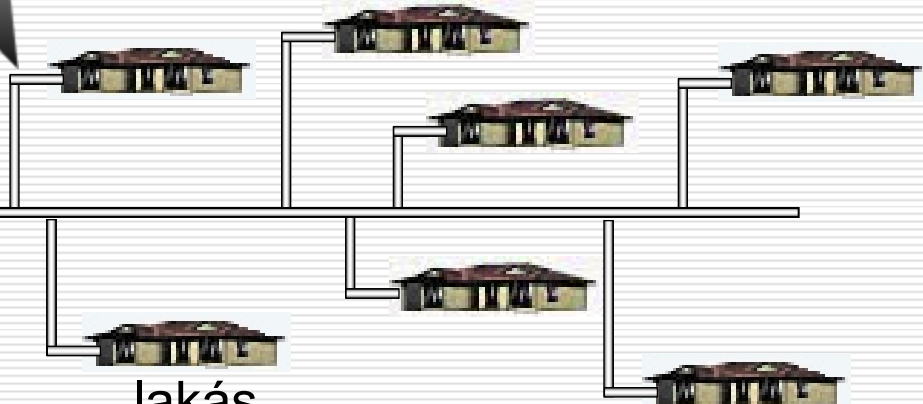
FDM:



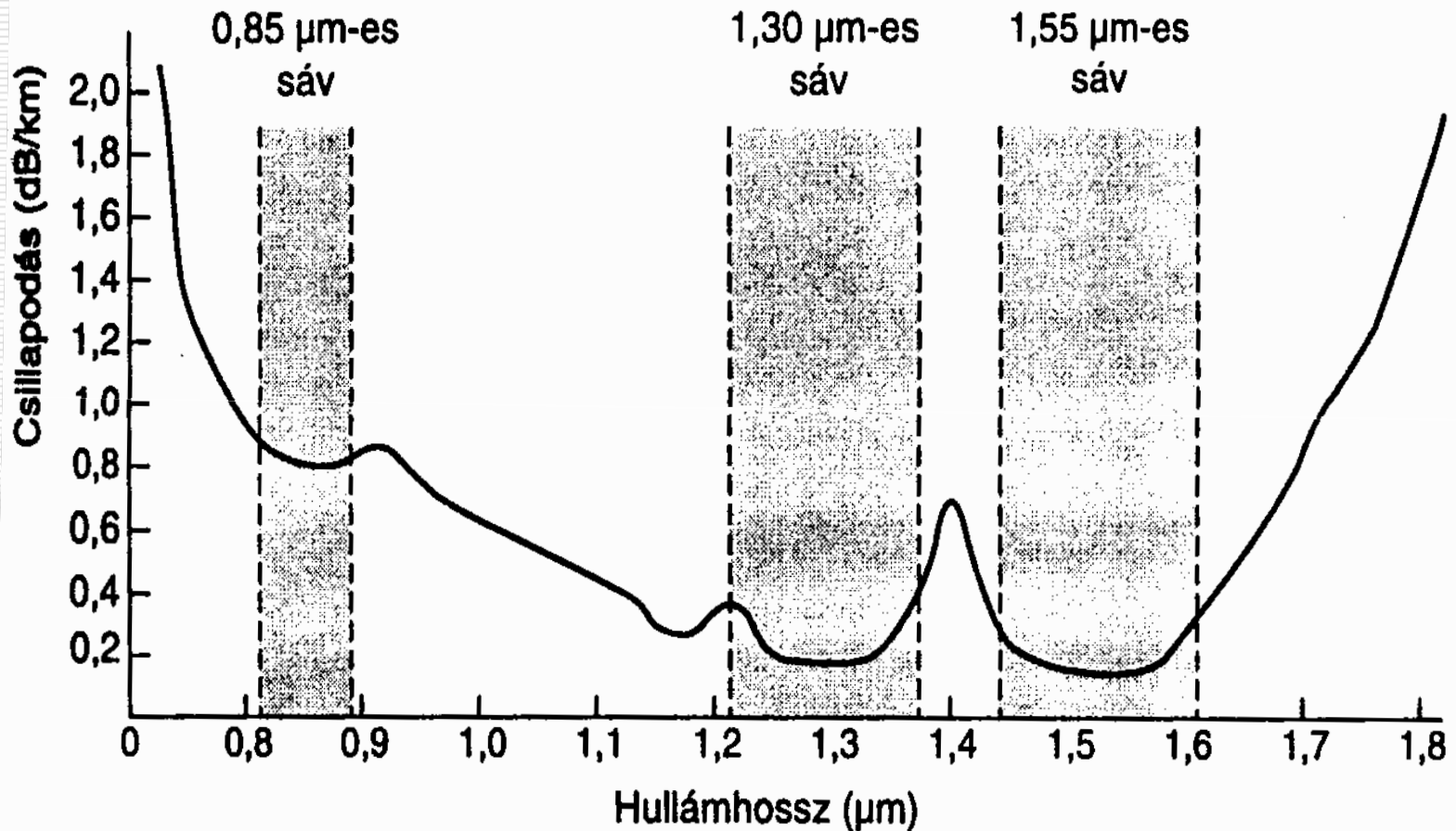
fejállomás (headend)

szétosztó hálózat

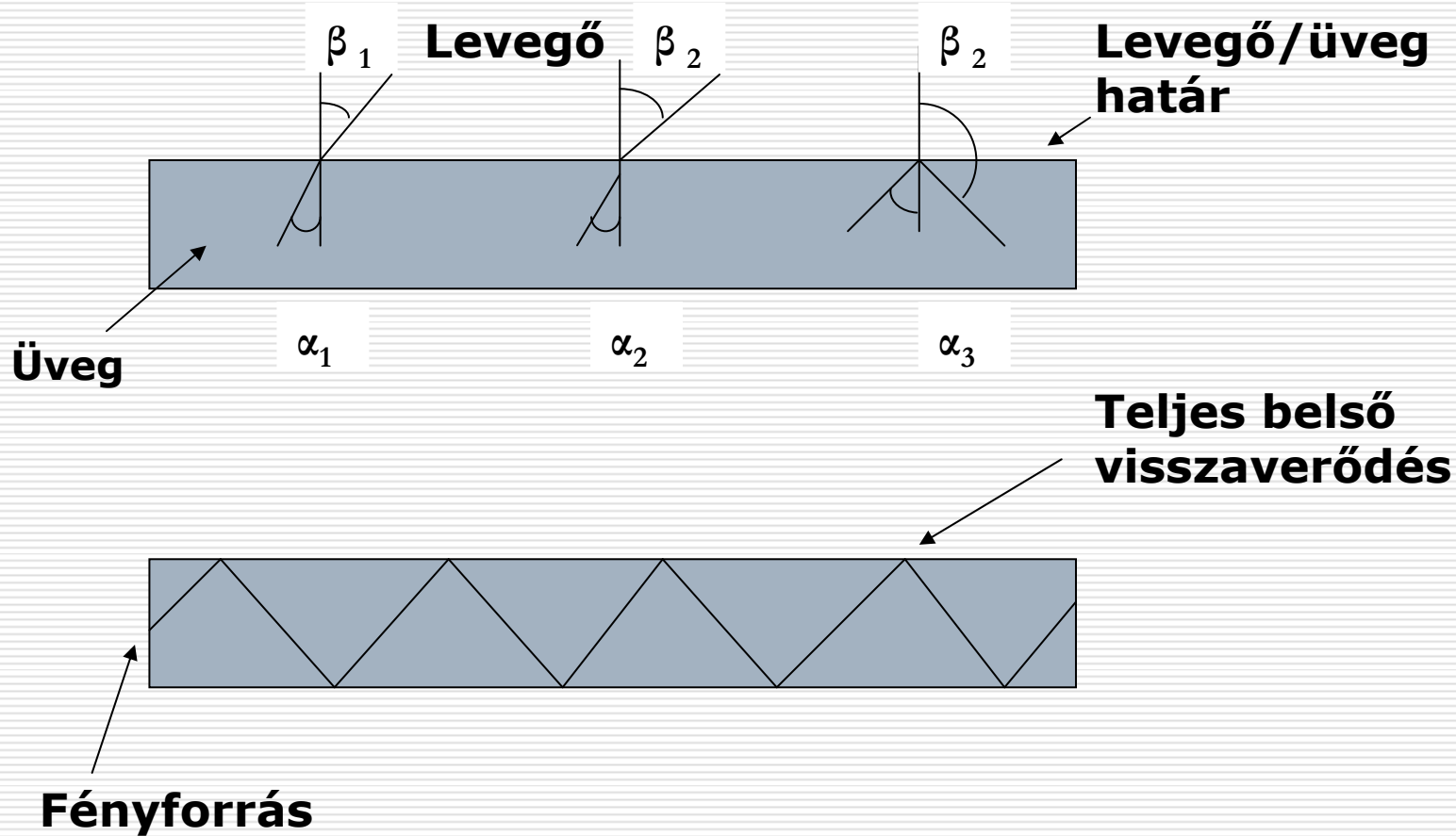
lakás



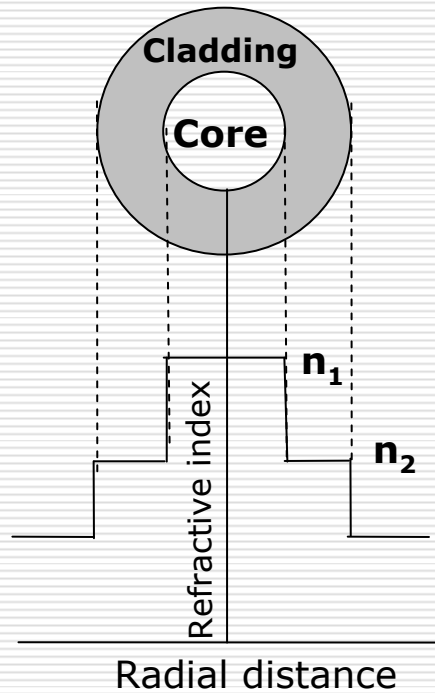
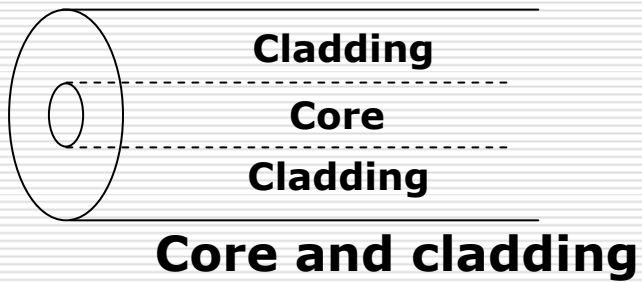
Átvitel a látható fény tartományában: optikai „ablakok”



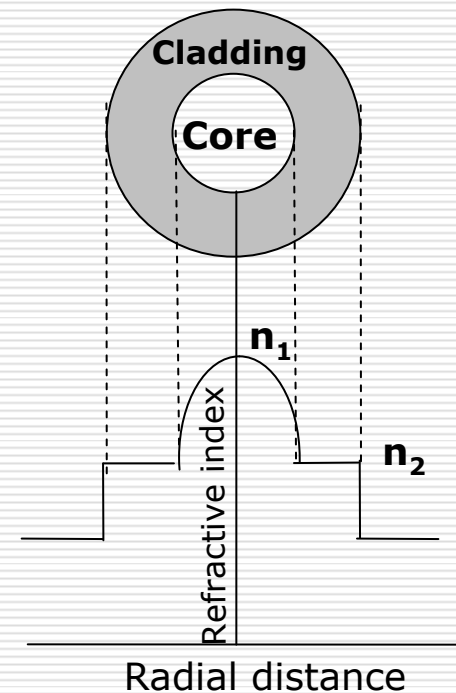
Terjedés üvegszálban



Optikai szál

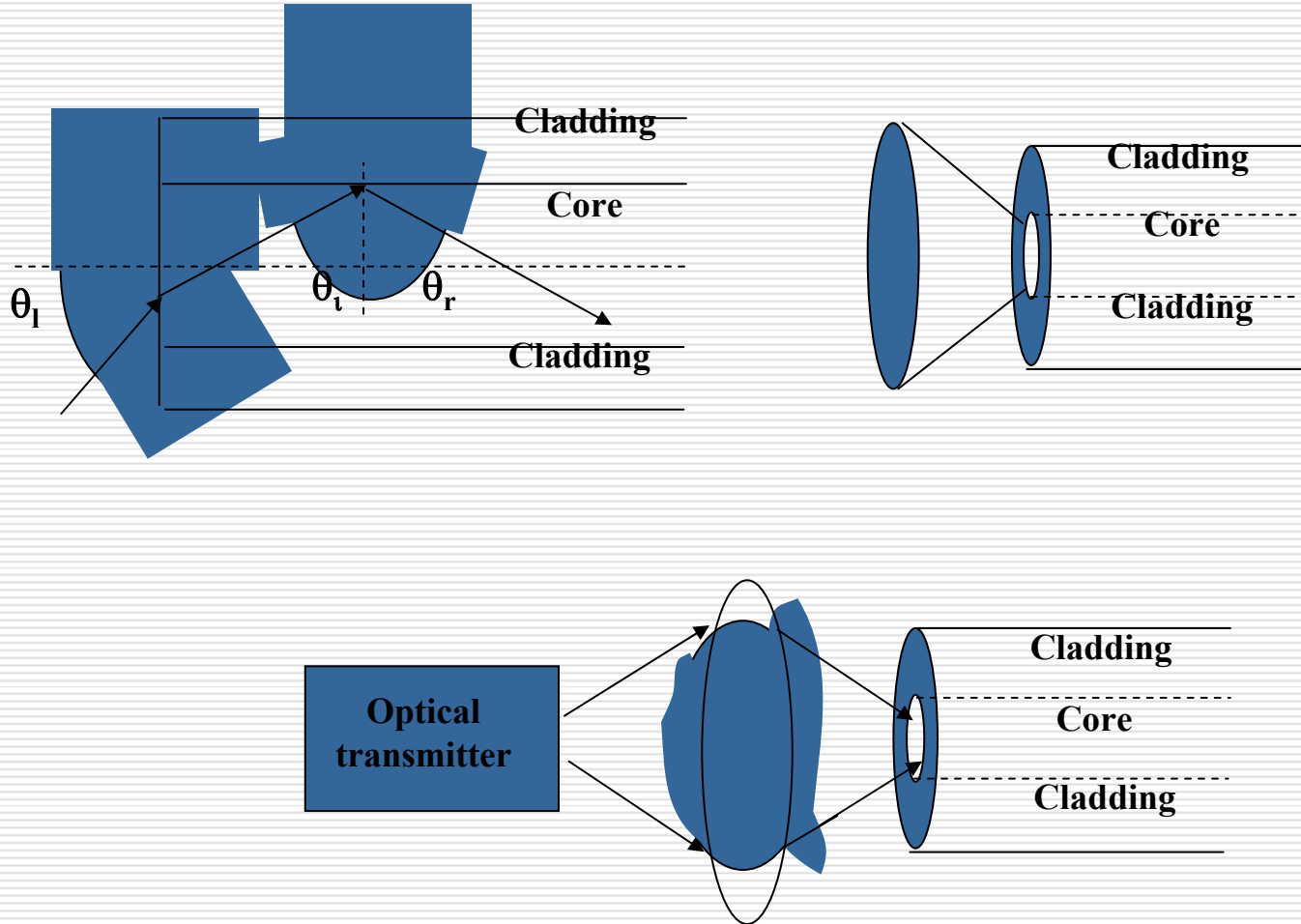


a) step-index fiber



b) graded-index fiber

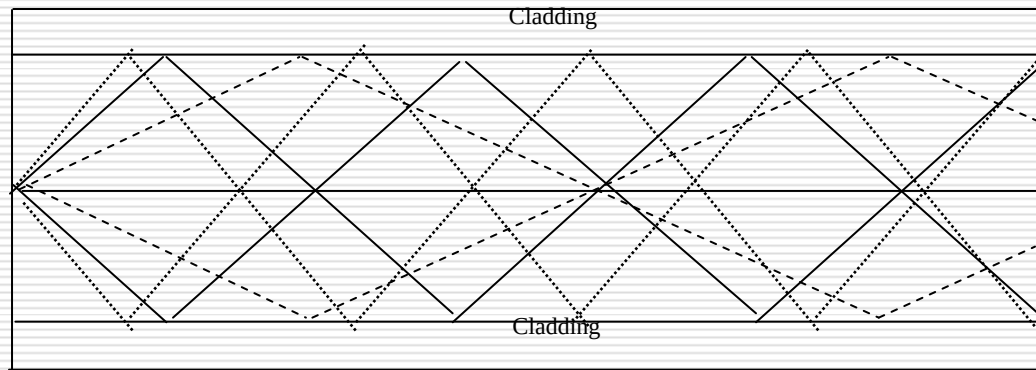
A fénysugár betáplálása a szálba



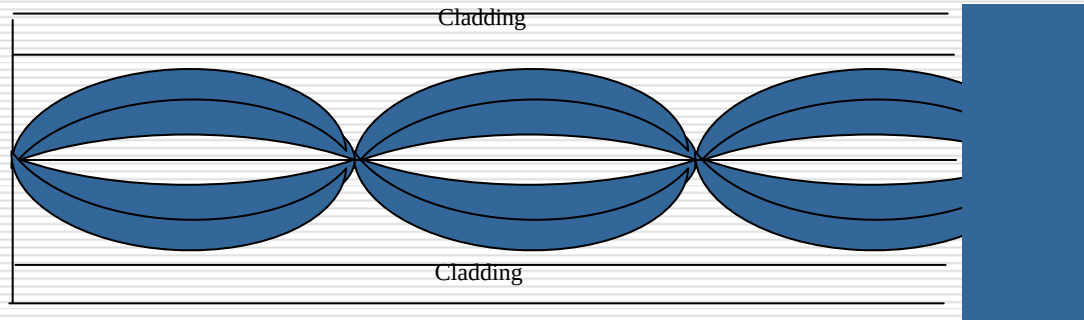
Multimódusú és monomódusú szálak

- A core/cladding értékek a multimódusú szálban:
 - 50/125 μm ,
 - 62,5/125 μm ,
 - 100/140 μm
- Monomódusú szál esetén:
 - 9 vagy 10 / 125 μm

A módusok kialakulása *

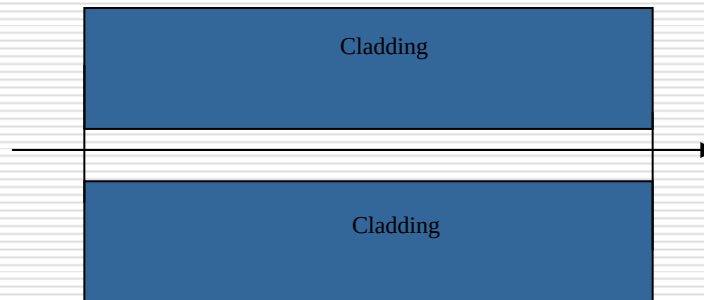


a) step-index fiber

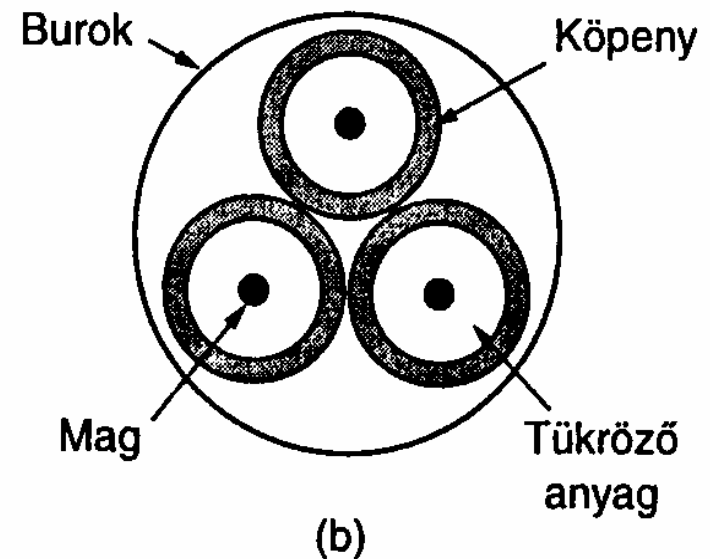
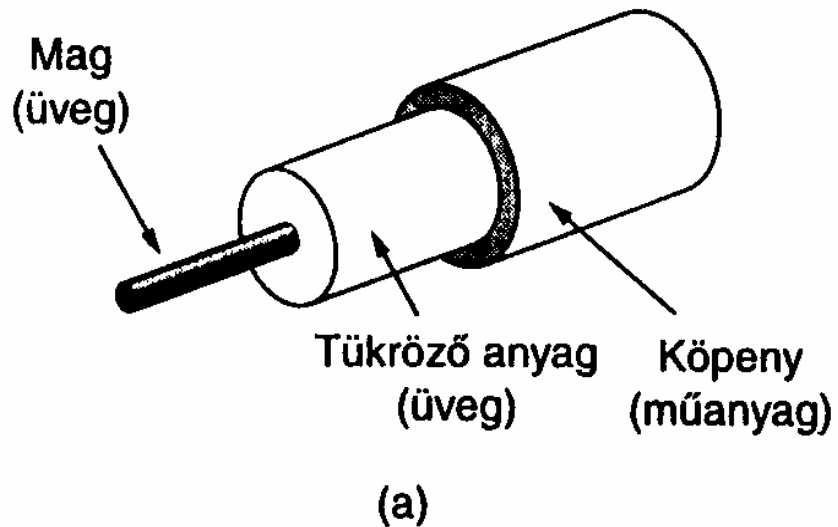


b) graded-index fiber

Monomódusú szál



Üvegszálak kábelek konstrukciója



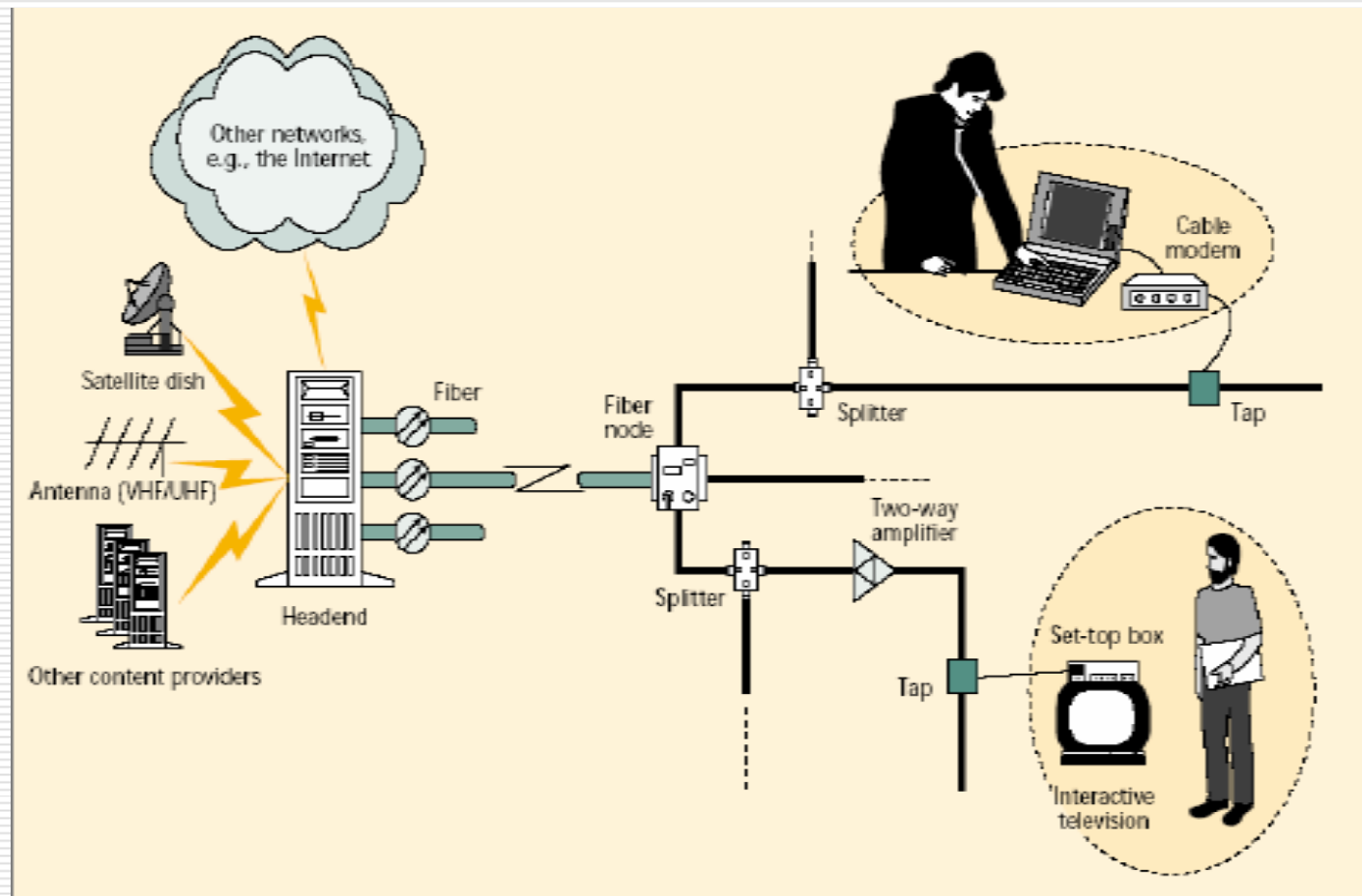
Optikai hálózati elemek

- ☐ Adók
 - LED
 - lézer
- ☐ Vevők
 - fotodióda
- ☐ Erősítő
- ☐ Szűrő
- ☐ Szétosztó-összegző



SC

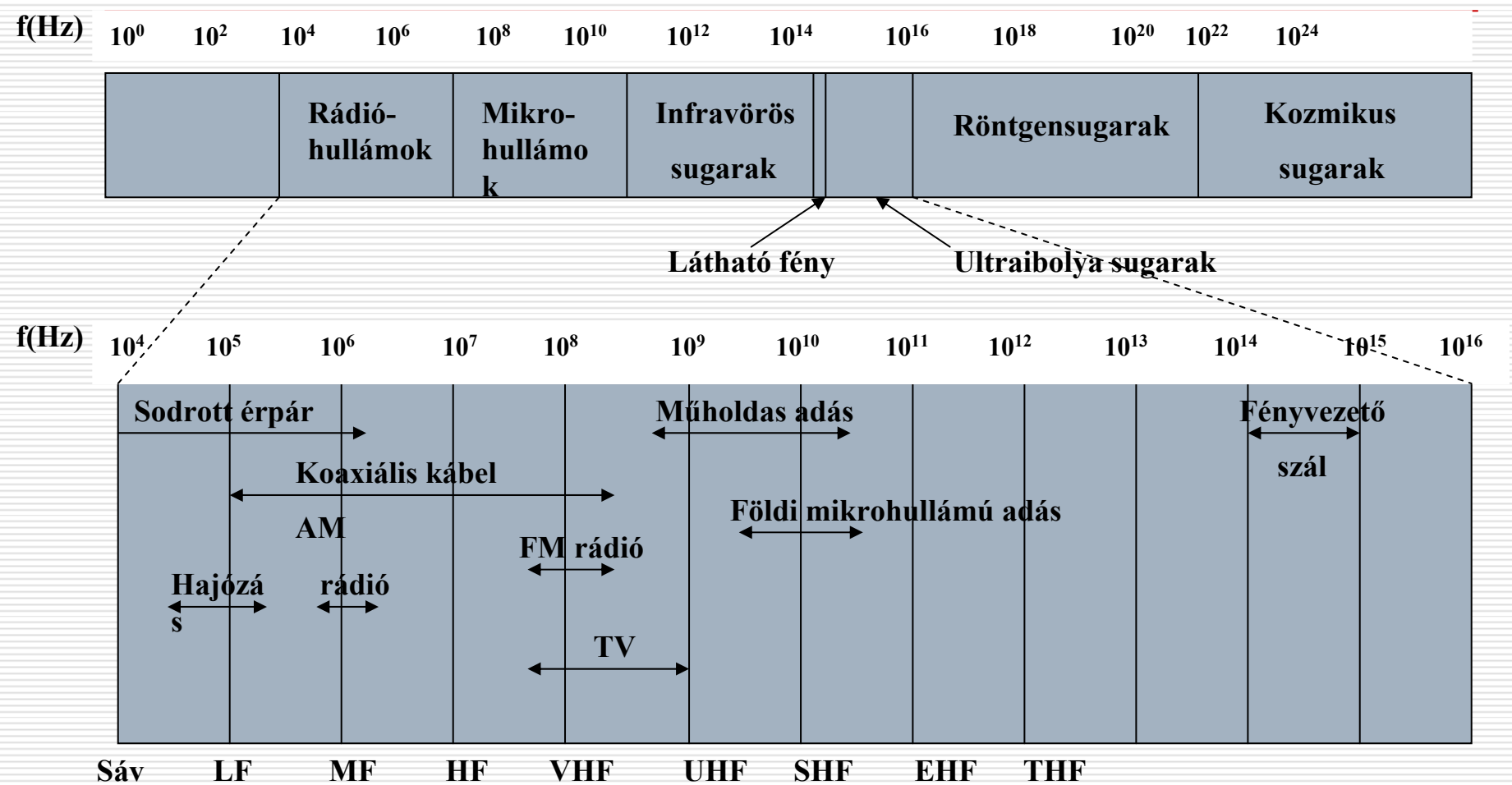
Példa üvegkábeles hálózatra: HFC



Rádiócsatornák

- Az elektrománeses hullámtartománynak az ultrahang- és a látható fény tartományai között része
- Igen széles, és nem teljesen kihasznált sáv: ~ 10 kHz-től ~ 1 THz-ig (terahertz: 10^{12} Hz)
- Hullámterjedés a szabadban
- Az elektromos jel átalakítása elektromágneses hullámmá és viszont: antennák, adó- és vevő-antennák
- A hatékony kisugárzáshoz és vételhez a hullámhossz nagyságrendjébe eső méretű antennák kellenek
- Az antennák fő jellemzője: antennanyereség
 - definíciója:

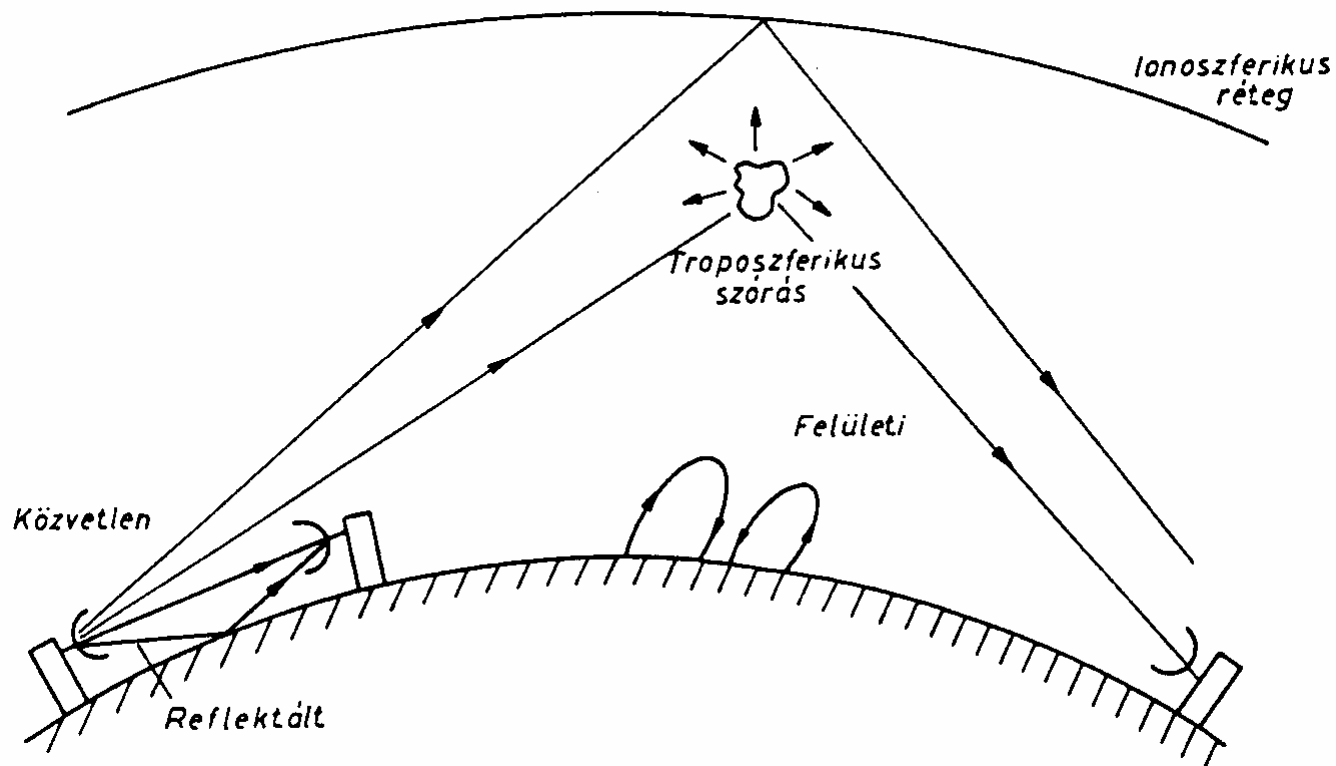
Az elektromágneses hullámtartomány



A hullámterjedést befolyásoló jelenségek

- ❑ szabadtéri csillapítás
 - a távolság négyzetével fordítottan arányos
- ❑ visszaverődés (reflexió)
 - bármilyen közegről, amely az adott frekvenciasávban visszaverő felületként szerepel (pl. légköri réteg a dekaméteres tartományban, épület a cm-s tartományban)
- ❑ törés (refrakció)
- ❑ elhajlás (diffrakció)
- ❑ szóródás (scattering)
 - az adott hullámhossznak megfelelő méretű részecskéket tartalmazó közegben, pl. troposzféra

Fő hullámterjedési módok



Frekvenciasávok és terjedési jellegzetességeik

- ❑ Érdekesség: a terjedési viszonyok nagyjából frekvencia-, ill. hullámhossz-dekádanként eltérőek
- ❑ Példák:
 - igen hosszú hullámok (km): diffrakció következtében igen nagy távolságú terjedés
 - rövidhullámok (10m): felszíni és visszavert hullám, visszaverődés az ionoszféráról, akár globális távolságokra
 - mikrohullámok (cm): egyenesvonalú terjedés

Zajok és zavarok a rádiócsatornában

- A rádiócsatorna „nyitottsága”
- Zajok
 - termikus zaj a vevő bemenetén
 - atmoszférikus zajok
 - kozmikus zaj, galaktikus zaj
- Zavarok
 - ipari zajok, zavarok
 - más rádiórendszerekből származó zavarok
- Sokszor ezek együttes hatásával kell számolni

Műholdas rádiócsatorna: csillapítás- és zajviszonyok

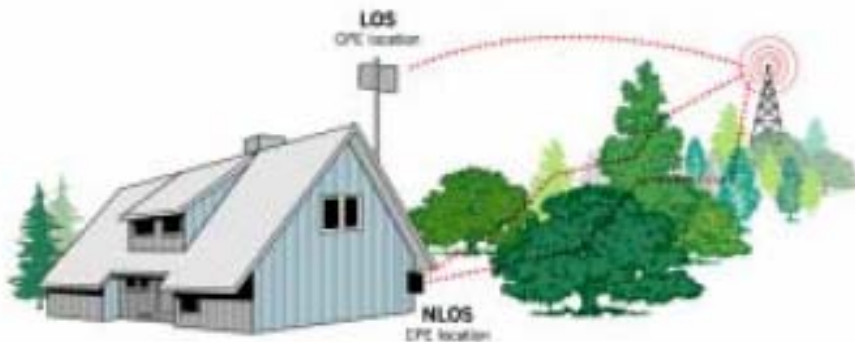
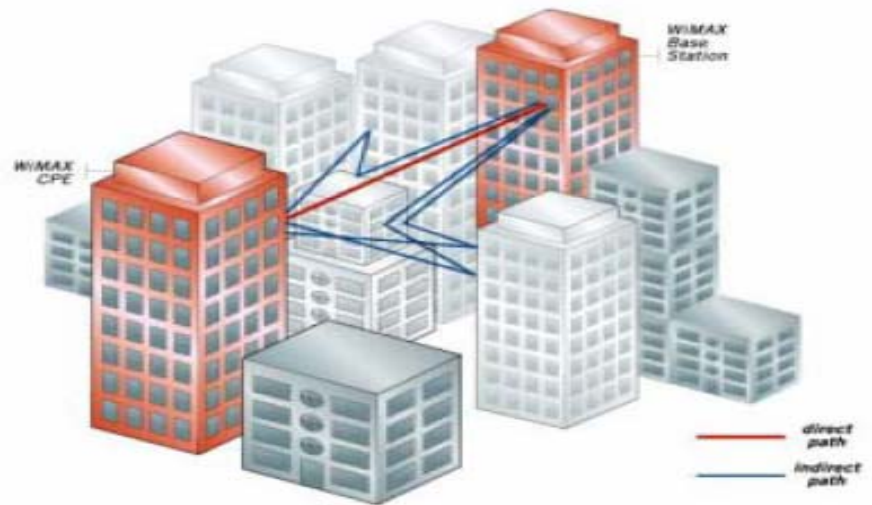
- A vett jel nagyságát alapvetően a szabadtéri csillapítás befolyásolja
- Az adó- és a vevőantennák nyereségével lehet javítani
 - az antennák „irányítottak”
 - antennanyereség: a fő sugárzási irányba eső telj. sűrűség per az izotróp sugárzó telj. sűrűsége
- A zaj döntően a vevőkészülék bemenetén jelentkező termikus zaj, kismértékben a vett jelhez a csatornában adódott zajok és zavarok (kozmikus zaj, ipari zajok és zavarok)
- A műholdas csatorna jel-zaj-mérlege geostacionárius műhold esetén
 - megj.: geostacionárius és alacsony röppályás (LOS-low orbit satellite) műholdak

Frekvenciagazdálkodás

- A rádiócsatorna nyitottsága miatt kritikus a frekvenciasávok felosztása a felhasználók között
- Engedélyköteles és engedélyhez nem kötött sávok
 - Általában: engedély kell, kivétel:
 - ISM-sáv (industrial, scientific, medical)
 - ~2,4 GHz, ~5,6 GHz
- A szabályozás többszintű:
 - globális, Nemzetközi Rádiószabályzat
 - regionális, pl. EU irányelvek
 - nemzeti, Mo-n az NHH (Nemzeti Hírközlési Hatóság)

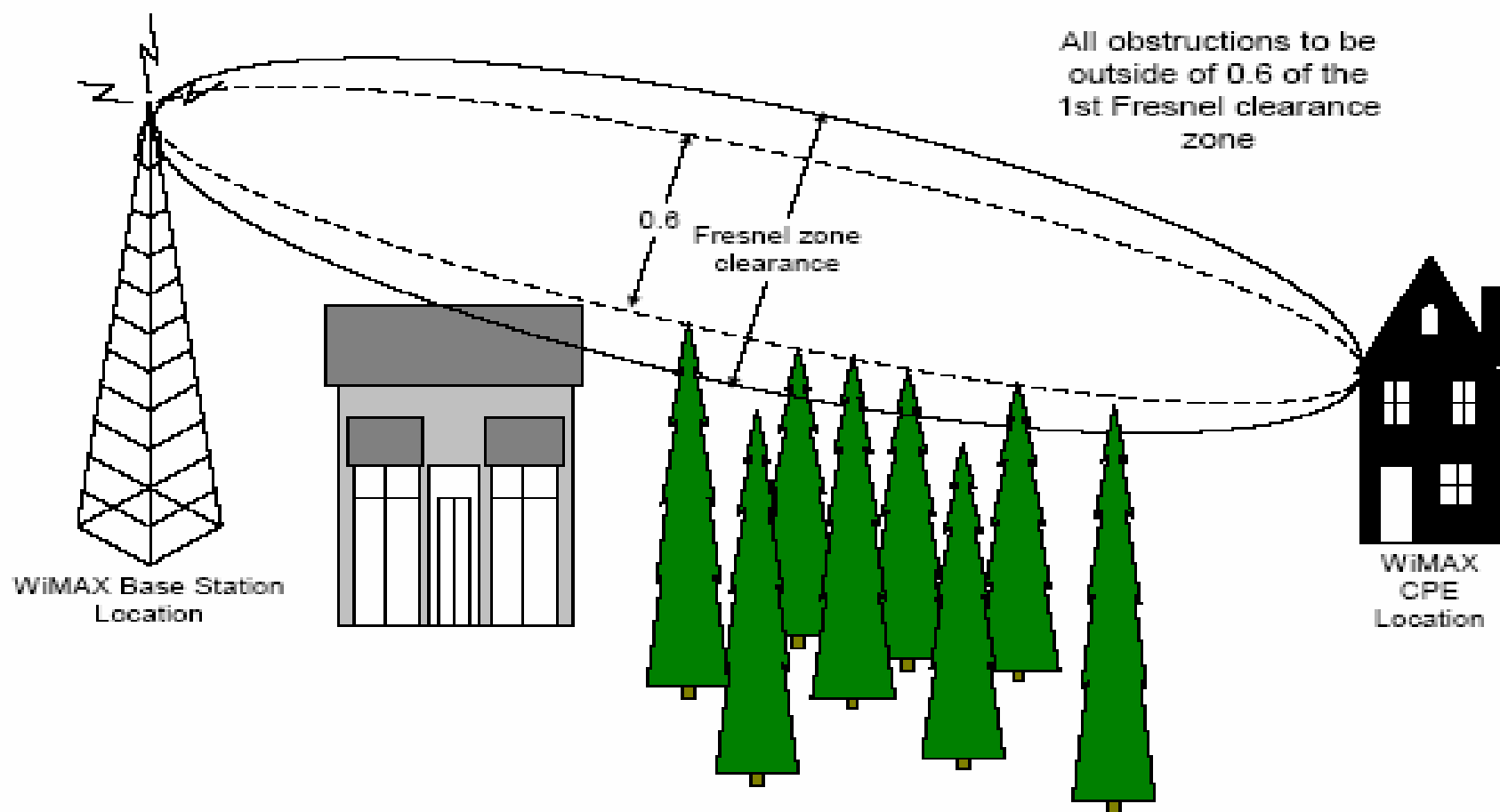
Közvetlen rálátásos és rálátás nélküli összeköttetések

Nagyvárosi környezet:
visszaverődések az
épületekről, az épületek
árnyékoló hatása



Rurális környezet:
csillapítás a növényzet
miatt

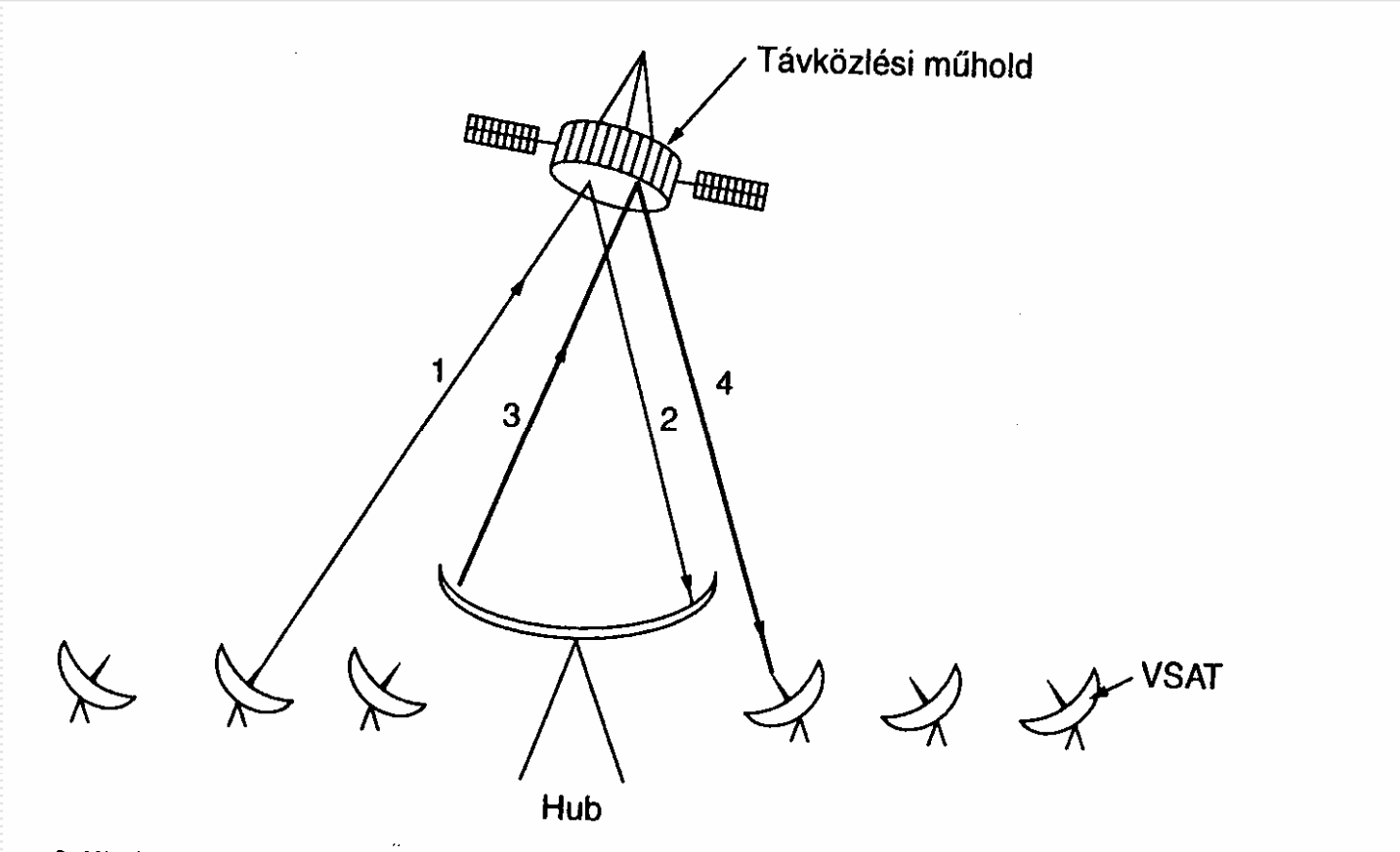
A közvetlen rálátás definíciója a Fresnel-zónák alapján



A többutas terjedés és következményei

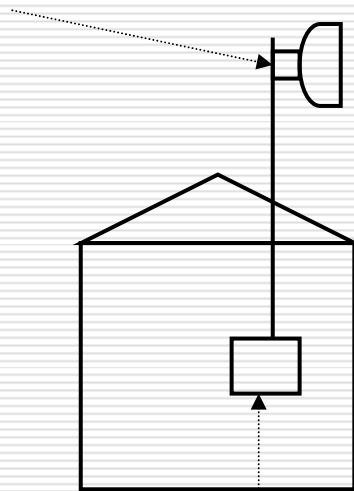
- A különböző utakon terjedő jelek időben eltolva érkeznek a vevőbe, gyengítik egymást
 - a jelenség régi ismerős: fading (elhalkulás) a rövidhullámú rádiózásnál
- A többutas terjedés hatásának csökkentése: többszörös vétel
 - diversity az eljárás neve
 - több antenna és vevő egyidejűleg, és optimális kombinálás (tér-diversity)
 - adás és vétel párhuzamosan több frekvencián (frekvencia-diversity)

Példa: műholdas terminálhálózat, „hub” alkalmazásával

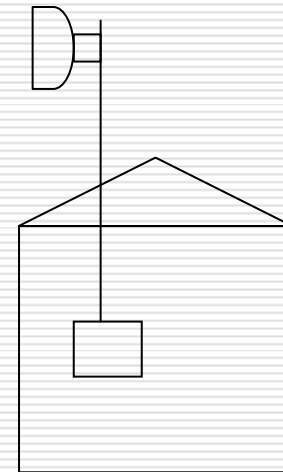


Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

**Kültéri
egység**



**Beltéri
egység**



Példa: földfelszíni pont-pont mikrohullámú összeköttetés

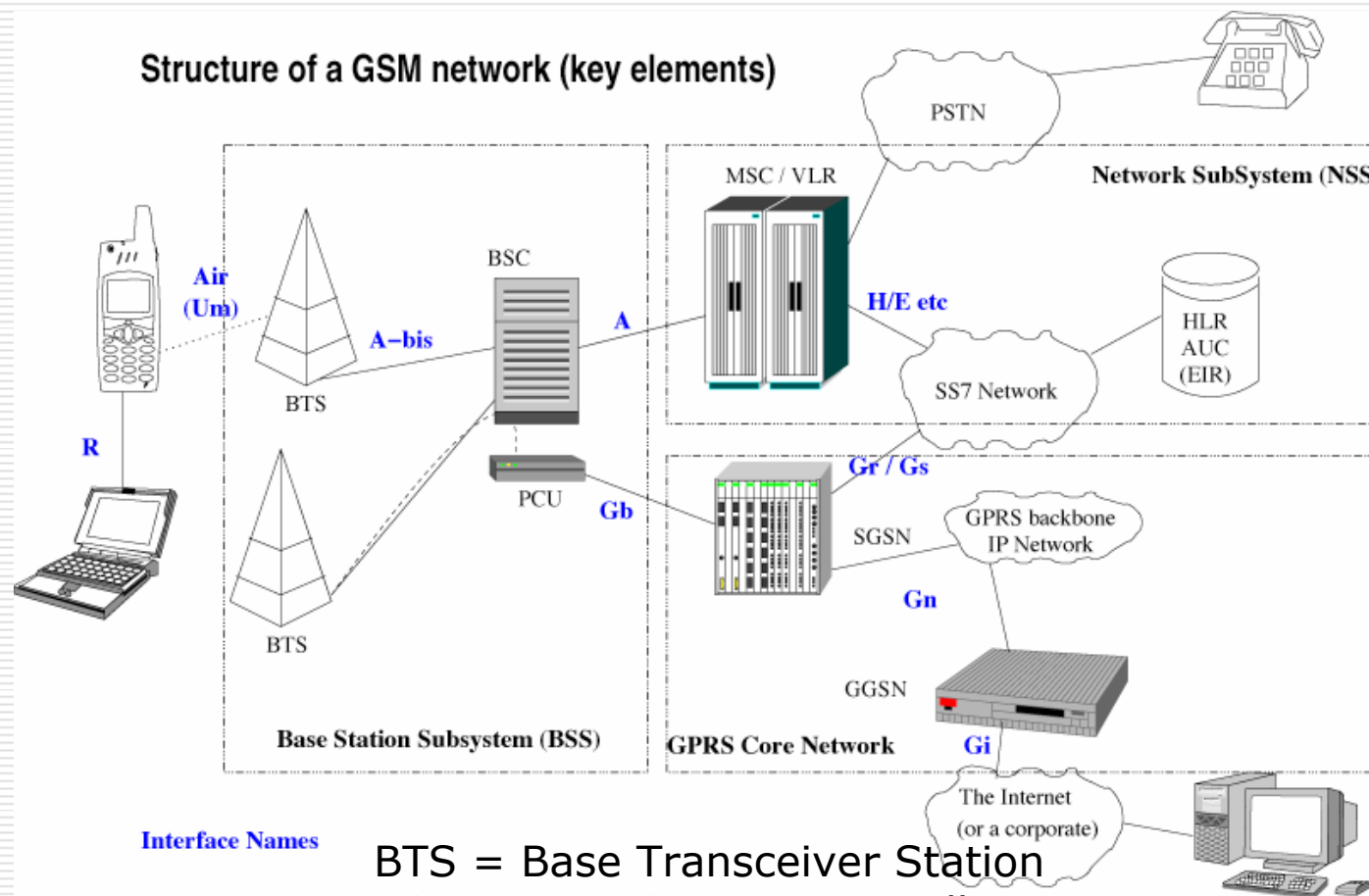
Kültéri egység



Beltéri egység



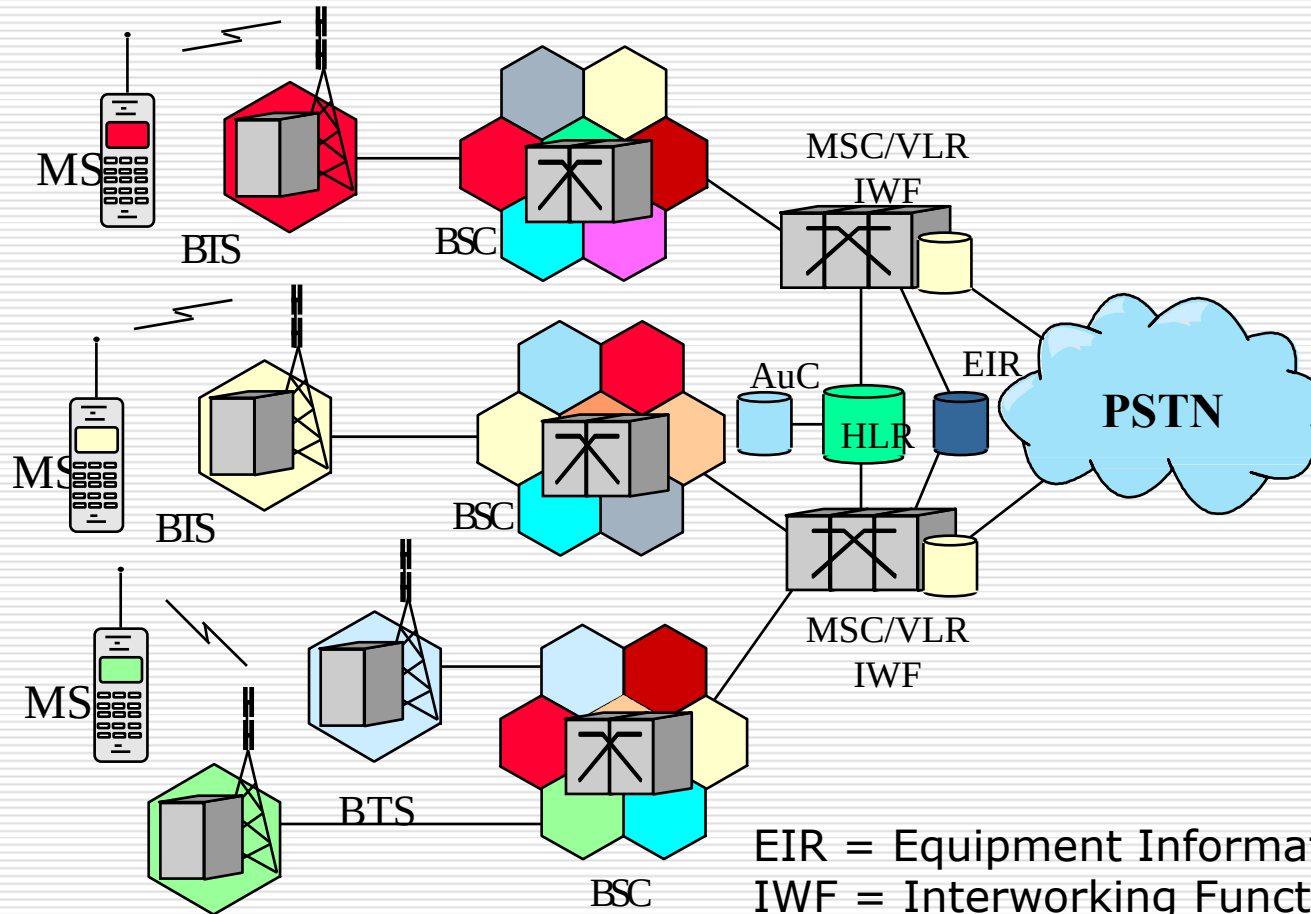
Példa: cellás mobil rádióhálózat *



Interface Names

BTS = Base Transceiver Station
BSC = Base Station Controller

Példa: cellás mobil rádióhálózat *



Összefoglalás: milyen fogalmakkal és tudnivalókkal ismerkedtünk meg?

- Bitfolyamok továbbítása hírközlő csatornákon
 - Alapfogalmak – **bit/s, Baud, jelalakok tulajdonságai**
 - Átvitel sávhatárolt csatornán – **mekkora sávszélességre van szükség adott szimbólumsebességhez?**
 - Átvitel zajos csatornán – **hogyan kell jól dönteni, hogyan jelentkezik a zaj hatása (hibavalószínűség)**
- Digitális modulációs eljárások
 - ASK, FSK, PSK – **alapeljárások, többszintű moduláció**
- Többcsatornás átvitel multiplexeléssel
 - FDM, TDM – **több jelforrás egyetlen csatornán való átvitelének módszerei**
- Hírközlő csatornák a gyakorlatban
 - (Réz)vezetékes csatornák - **felépítés, jellemzők**
 - Sodrott érpáras kábelek, strukturált kábelezés
 - Koaxiális kábelek
 - Fényvezető (üvegszálas) csatornák
 - Vezetéknélküli csatornák – **frekvenciatartomány, terjedés, földfelszíni és műholdas rádiócsatornák**

Összefoglalás: hol használjuk fel ezeket az ismereteket?

- ❑ A tárgyban a későbbiekben megismerendő számítógép-hálózati technológiák mindegyike valamilyen fizikai közegen történő adatátvitelt használ
- ❑ Az adott technológia tárgyalásának ismertnek tételezzük fel az itt elmondottakat és hivatkozunk ezekre
- ❑ Ezen túlmenően több olyan alapfogalommal ismerkedtünk meg, amelyek későbbi tárgyakhoz, pl. a *„Távközlő hálózatok és szolgáltatások”* közös tárgyhoz és a *szakirány-tárgyakhoz* szükségesek